

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERSITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANČÍ

Efektivnost akciových trhů ve středoevropských zemích
Stock Market Efficiency in Central European Countries

Student:

Bc. Michaela Koryčanská

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Lumír Kulháněk, CSc.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michaela Koryčanská**
Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa
Studijní obor: 6202T010 Finance
Téma: **Efektivnost akciových trhů ve středoevropských zemích**
Stock Market Efficiency in Central European Countries

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
 2. Akciové trhy zemí Visegrádské skupiny
 3. Hypotéza efektivního trhu a testování teorie efektivních trhů
 4. Testování slabé formy efektivnosti akciových trhů zemí Visegrádské skupiny
 5. Závěr
- Seznam použité literatury
Seznam zkratk
Prohlášení o využití výsledků diplomové práce
Seznam příloh
Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

MISHKIN, Frederic S. *The Economics of Money, Banking and Financial Markets*. 11th ed. Harlow: Pearson Education, 2016. 704 s. ISBN 978-0-13-383679-0.
MUSÍLEK, Petr. *Trhy cenných papírů*. 2. vyd. Praha: Ekopress, 2011. 520 s. ISBN: 978-80-86929-70-5.
VESELÁ, Jitka. *Investování na kapitálových trzích*. 2. aktualiz. vyd. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2001. 792 s. ISBN 978-80-7357-647-9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Lumír Kulhánek, CSc.**

Datum zadání: 18.11.2016

Datum odevzdání: 21.04.2017

Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem celou práci, včetně příloh, vypracovala samostatně.“

V Ostravě dne 21. dubna 2017


.....
Bc. Michaela Koryčanská

„Děkuji panu prof. Ing. Lumíru Kulhánkovi, CSc. za odbornou pomoc, vstřícnost a ochotu při konzultacích a cenné rady při zpracování této diplomové práce.

Poděkování rovněž náleží Mgr. Ing. Lucii Chytilové za pomoc a ochotu při řešení problematiky analýzy ekonomických řad“

Obsah

1. Úvod	5
2. Akciové trhy zemí Visegrádské skupiny.....	7
2.1. Akciový trh České republiky	7
2.1.1. Historie burzovnictví v České republice	7
2.1.2. Akciový index PX	8
2.2. Akciový trh Slovenské republiky	10
2.2.1. Historie burzovnictví Slovenské republiky	10
2.2.2. Akciový index SAX	10
2.3. Akciový trh Maďarské republiky	12
2.3.1. Historie burzovnictví Maďarské republiky	12
2.3.2. Akciový index BUX.....	13
2.4. Akciový trh Polské republiky	15
2.4.1. Historie akciového trhu Polské republiky	15
2.4.2. Akciový index WIG20	15
3. Hypotéza efektivního trhu a testování teorie efektivních trhů.....	18
3.1. Efektivní trh.....	18
3.2. Historie hypotézy efektivních trhů	19
3.3. Předpoklady hypotézy efektivních trhů	20
3.4. Charakteristiky efektivních trhů	22
3.5. Formy efektivnosti.....	24
3.6. Základní přístupy efektivních trhů	25
3.7. Testování slabé formy efektivnosti.....	27
3.7.1. Testy nezávislosti změn akciových kurzů.....	27
3.7.2. Testy úspěšnosti obchodních strategií.....	31

3.8.	Anomálie na trhu	31
4.	Testování slabé formy efektivnosti akciových trhů zemí Visegrádské skupiny ...	34
4.1.	Charakteristika dat	34
4.2.	Testování slabé formy efektivnosti v období 1996–2002	37
4.2.1.	Testování autokorelace.....	37
4.2.2.	Testování normality	40
4.2.3.	Runs test.....	43
4.3.	Testování slabé formy efektivnosti v období 2003-2009	45
4.3.1.	Testování autokorelace.....	45
4.3.2.	Testování normality	47
4.3.3.	Runs test.....	49
4.4.	Testování slabé formy efektivnosti v období 2010-2016	51
4.4.1.	Testování autokorelace.....	51
4.4.2.	Testování normality	53
4.4.3.	Runs test.....	56
4.5.	Analýza výsledků	57
4.6.	Závěrečné shrnutí	59
5.	Závěr	60
	Seznam použité literatury	62
	Seznam zkratk	66
	Prohlášení o využití výsledků diplomové práce	
	Seznam příloh	
	Přílohy	

1. Úvod

Hypotéza efektivních trhů je jednou z velice významných součástí celé ekonomické teorie. Podstatnou myšlenkou celé této hypotézy je tvrzení, že investor nemůže jakýmkoli nástroji dosáhnout dlouhodobě nadprůměrného výnosu. Tato myšlenka se stala před více než 50. lety stavebním kamenem pro zkoumání, pozorování a testování chování účastníků na trhu, jednotlivých zákonitostí trhu a také ověřování úspěšnosti různých metod pro odhad budoucího vývoje.

I přes to, že se celá hypotéza efektivních trhů potýká zhruba od 80. let minulého století velké kritice, dala možnost vzniku různým alternativním přístupům. Mezi nejvýznamnější alternativní přístupy lze zařadit např. behaviorální finance, které se těší veliké oblibě odborné veřejnosti. I přes značnou kritiku si hypotéza efektivních trhů drží své místo v ekonomické teorii a její platnost je stále podrobována studiím.

Předkládaná diplomová práce se zabývá otázkou hypotézy efektivních trhů v rámci střeoevropského regionu. Uskupení států, známou také jako Visegrádská skupina, tvoří Česká republika, Slovenská republika, Maďarská republika a Polská republika. Tyto státy spojuje nejen podobná historie, ale také kolektivní snaha o prosazení společných zájmů a pozvednutí regionu střední Evropy. Při porovnání s vyspělými kapitálovými trhy mají kapitálové trhy Visegrádské skupiny podstatně kratší historii, zapříčiněnou II. světovou válkou a následnou změnou režimu.

Cílem této diplomové práce je testování slabé formy hypotézy efektivních trhů na akciových indexech čtyř střeoevropských zemí. Těmito akciovými indexy jsou český index PX, slovenský index SAX, maďarský index BUX a polský index WIG20.

Samotné testování probíhá na datech za období začínající 1. ledna 1996 a končící 30. prosince 2016. Toto relativně dlouhé, jednadvacetileté období, je rozděleno na tři samostatné časové úseky. První úsek tvoří období od 1. ledna 1996 do konce roku 2002. V tomto časovém úseku je zachycen vznik i prasknutí internetové bubliny (1995-2001). Dalším časovým úsekem je období od 1. ledna 2003 do konce roku 2009. V tomto období došlo k významné, celosvětové finanční krizi. Poslední období začíná analogicky 1. leden roku 2010 a končí posledním pracovním dnem roku 2016, tedy 30. prosincem.

Práce je rozdělena, kromě úvodu a závěru, celkem na tři kapitoly. Ve druhé kapitole, zaměřené na charakteristiku akciových trhů Visegrádské skupiny, je prostor věnován historickému vývoji daného akciového trhu a popisu vybraného hlavního akciového indexu dané země.

Ve třetí kapitole je prostor vymezen samotné hypotéze efektivních trhů. Je zde nastíněn historický vývoj hypotézy. Významné místo v této kapitole zauímají předpoklady hypotézy efektivních trhů, mezi které lze zařadit likvidní trh, ziskový motiv investora, rovné postavení účastníků na trhu, volný tok informací a také kvalitní právní legislativa. Rovněž je kapitola zaměřena na charakteristiku efektivního trhu, jednotlivým formám efektivnosti a také modelům a možnostem testování. V neposlední řadě je zde také nastíněna kritika hypotézy v podobě vzniku možných anomálií.

Poslední kapitola je věnována aplikaci vybraných metod pro testování slabé formy efektivnosti. Nejprve jsou představena vstupní data, na kterých je provedeno samotné testování. Následuje stručný popis použitých metod a poté samotné testování slabé formy efektivnosti. Poslední část kapitoly je zaměřena na analýzu dosažených výsledků v jednotlivých obdobích a také souhrnné hodnocení předpokladu slabé formy efektivních trhů zemí Visegrádské skupiny.

2. Akciové trhy zemí Visegrádské skupiny

Tato kapitola je věnována základním charakteristikám jednotlivých finančních trhů Visegrádské skupiny, tedy finančním trhům České republiky, Slovenské republiky, Polské republiky a Maďarské republiky. V kapitole je prostor vymezen historii daného trhu, charakteristice burzy a jejího akciového indexu.

Tržní kapitalizace je často využívaným měřítkem pro srovnání velikosti jednotlivých burz. V této diplomové práci je velikost burz charakterizovaná pomocí tržních kapitalizací v měsíci prosinci za období 2006-2016, které jsou uvedeny v příloze 1.

K vypracování této kapitoly bylo využito informací z publikací Veselá (2007), Musílek (2002), Dědič (1992) a Jílek (2009). Dále pak z elektronických dokumentů Kudrová (2013), Veselá (2006) a Ryšová (2013). V neposlední řadě byly použity informace jednotlivých burz dostupných na jejich internetových stránkách.

2.1. Akciový trh České republiky

Na českém akciovém trhu fungují dvě burzy cenných papírů: RM-Systém, česká burza cenných papírů a. s. (RMS) a Burza cenných papírů Praha, a. s. (BCPP). RM-Systém je trhem, kde se obchodují akcie českých i zahraničních společností, dluhopisy a také investiční certifikáty. Tato burza je zaměřena na drobné a střední investory. Největším organizátorem trhu s cennými papíry je na území České republiky Burza cenných papírů Praha, a. s.

2.1.1. Historie burzovníctví v České republice

Historii českého burzovníctví lze datovat k roku 1871, kdy byla založena Pražská bursa pro zboží a cenné papíry. Celý její vývoj byl silně ovlivněn politikou Rakouska-Uherska. Po celou tuto dobu zaujímal pražská burza podřadné místo za burzou ve Vídni. Mezi hlavní instrumenty obchodované na pražské burze patřily státní dluhopisy, akcie, směnky a také zemědělské plodiny a ostatní zboží. Lepších časů se pražská burza dočkala až v 90. letech 19. století, kdy došlo k rozvoji průmyslu a bankovníctví, díky kterému se akcie českých podniků staly pro investory lákavé. S příchodem I. světové války však dochází k uzavření všech burz na území Rakouska-Uherska. Obchodování bylo obnoveno roku 1919, avšak k dalšímu uzavření došlo v roce 1938. Ani ukončení II. světové války však

nevedlo k obnovení obchodování na pražské burze. České burzovníctví bylo oživeno až roku 1993, tedy po více než 60. letech od uzavření.

Vznik Burzy cenných papírů Praha, a. s. je datován k 24. listopadu 1992, kdy byla společnost zapsána do obchodního rejstříku. První obchodování proběhlo 6. dubna 1993 s pouhými 7 emisemi cenných papírů. Zanedlouho se však spolu s I. a II. vlnou kuponové privatizace na pražské burze objevilo více než 1600 emisí. Postupem času se však ukázalo, že většina těchto emisí nepřináší předpokládaný efekt a společnosti začali burzu opouštět. V roce 1997 došlo tedy k vyřazení 1301 nelikvidních emisí a v roce 1997 bylo vyřazeno dalších více než 70 emisí.

2.1.2. Akciový index PX

Pražská burza zveřejňuje celkem tři indexy. Jedná se o index PX, PX-TR a PX-GLOB. Pro účely této diplomové práce je vybrán akciový index PX. Jedná se o agregátní indikátor informující o celkovém vývoji a situaci na českém trhu. Jedná se o oficiální index Burzy cenných papírů Praha, a. s. Jedná se o cenový index s váženým poměrem nejlikvidnějších akcií, tzv. blue chip emisí, počítaný v reálném čase. Index PX lze vypočítat pomocí následujícího vzorce, který je zveřejněn na oficiální webové stránce PSE.

$$PX(t) = Base\ Value \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N_t} q_i \cdot p_i(t) \cdot FF_i \cdot RF_i}{Start\ cap} \cdot AF(t), \quad (2.1)$$

kde *Base Value* je výchozí hodnota indexu 1 000, q_i je počet cenných papírů i -té bazické emise, $p_i(t)$ je kurz i -té emise indexu v čase t , FF_i je podíl volně obchodovatelných akcií, RF_i je redukční faktor, *Start cap* označuje výchozí hodnotu tržní kapitalizace ze dne 5. dubna 1994 ve výši 379 786 853 620 Kč a $AF(t)$ je koeficient zřetězení v čase t .

Tab. 2.1 Základní charakteristika indexu PX

ISIN	XC0009698371
Typ indexu	Cenový index nejobchodovanějších emisí, oficiální index BCPP
Vážení	Tržní kapitalizace
Maximální váha	20 % (v rozhodném dnu)
Počet titulů	Variabilní
Výchozí datum	5. 4. 1994 (index PX převzal historii indexu PX 50)
Výchozí hodnota	1 000 bodů
Frekvence výpočtu	V reálném čase

Periodická aktualizace	První burzovní den následující po třetím pátku v měsících březnu, červnu, září a prosinci
------------------------	---

Zdroj: Vlastní zpracování dle www.pse.cz

V Tab. 2.1 jsou shrnuty základní informace o indexu PX. Výchozí hodnota indexu je 1 000 bodů, počet titulů v indexu je variabilní a maximální váha dané společnosti je 20 %.

Tab. 2.2 Společnosti zahrnuté v indexu PX

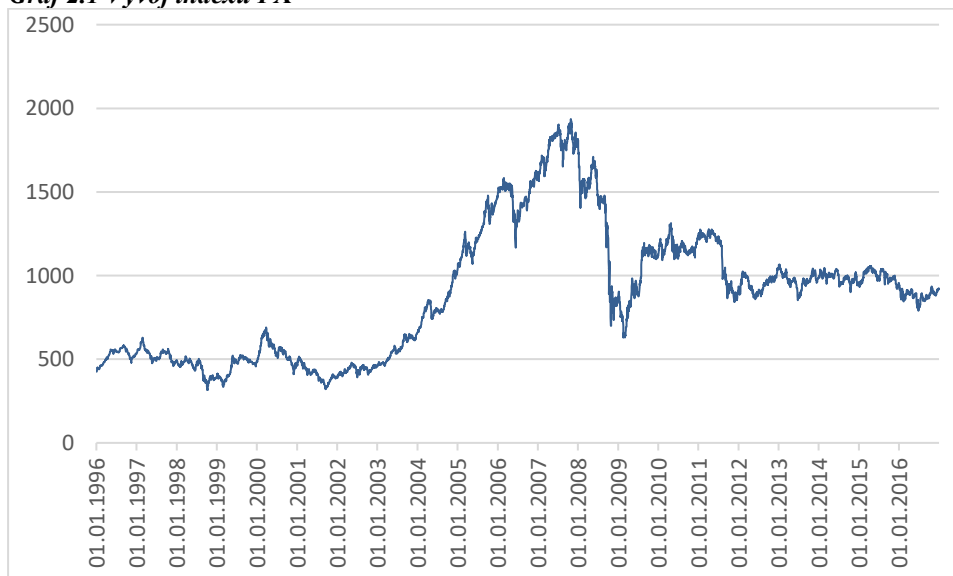
Název společnosti	Oblast	Podíl na PX
Erste group bank	Bankovníctví	21,08 %
Komerční banka	Bankovníctví	19,85 %
ČEZ	Výroba a rozvod elektřiny	19,52 %
MONETA Money bank	Bankovníctví	9,71 %
VIG	Pojišťovnictví	9,12 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 2.2 obsahuje 5 společností k 1. lednu 2017 s nejvyšším zastoupením v indexu PX, oblast působení této firmy a její procentuální podíl v indexu. Podíl těchto pěti nejvýznamnějších firem tvoří celkem 77,28 %.

Graf 2.1 zachycuje vývoj indexu PX od roku 1. ledna 1996 do konce roku 2016. Z vývoje je možné pozorovat nárůst v období před finanční krizí, tedy před rokem 2008. Následně dochází v období finanční krize k jeho poklesu, kdy svého minima v rámci finanční krize dosáhl v roce 2009.

Graf 2.1 Vývoj indexu PX



Zdroj: Vlastní zpracování

2.2. Akciový trh Slovenské republiky

Burza cenných papírů v Bratislavě (Burza cenných papierov v Bratislave, a.s.), tak jak ji známe dnes, byla zapsána do obchodního rejstříku dne 15. března 1991. Obchodování bylo zahájeno ve stejný den jako na Burze cenných papírů Praha, tedy 6. dubna 1993. Burza je jediným organizátorem regulovaného trhu ve Slovenské republice.

2.2.1. Historie burzovníctví Slovenské republiky

Historie burzovníctví Slovenské republiky není tak dlouhá, jelikož v době vzniku Burzy cenných papírů Praha platilo na území Slovenska uherské právo, které nedovolovalo založení burzy na tomto území. V období po I. světové válce docházelo na území Československa k pozvolnému uvolňování obchodu. Jelikož poloha Pražské burzy nebyla ideální, došlo k nárůstu černého obchodování s agrokomoditami. Tento fakt vyústil v roce 1922 k založení plodinové burzy na území Slovenské republiky, avšak s příchodem II. světové války bylo obchodování pozastaveno.

Novodobá historie burzy, jak již bylo uvedeno výše, se datuje do 90. let minulého století.

2.2.2. Akciový index SAX

Oficiálním indexem BCPB je akciový index SAX. Jedná se kapitálově vážený index a porovnává tržní kapitalizaci daného souboru akcií k tržní kapitalizaci stejného souboru akcií k referenčnímu dni. Tento index zrcadlí dividendové příjmy a také příjmy související s rozdílem mezi aktuálním tržním kurzem a emisním kurzem, tedy příjmy související s velikostí akciového kapitálu.

Index SAX lze vyjádřit dle následujícího vzorce, který je uveden na oficiální webové stránce BSSE.

$$SAX_{act} = \frac{\sum_i p_i^{act} \cdot G_i}{\sum_i p_i^r \cdot G_i \cdot F_i} \cdot 100, \quad (2.2)$$

kde p_i^{act} je uzavírací kurz i -té akcie k danému dni, G_i je počet akcií i -té společnosti k danému dni, p_i^r je uzavírací kurz i -té akcie k referenčnímu dni a F_i je opravný faktor pro i -tou akcií.

Tab. 2.3 Základní charakteristika indexu SAX

ISIN	XC0009698330
Typ indexu	Oficiální index BCPB
Měna	Euro (EUR)
Vážení	Tržní kapitalizace
Maximální váha	20 %
Počet bazických emisí	Variabilní
Výchozí datum	14. 9. 1993
Výchozí hodnota	100 bodů
Frekvence výpočtu	V reálném čase
Periodická aktualizace	První burzovní den měsíce února a srpna

Zdroj: Vlastní zpracování dle www.bsse.sk

V Tab. 2.3. jsou zahrnuty základní charakteristiky indexu SAX. Počáteční hodnota indexu, vázána k datu 14. září 1993, je 100 bodů. Index SAX je indexem flexibilním, tzn., že je možné do výpočtu zahrnout i nové společnosti, které vstoupily na kapitálový trh.

Tab. 2.4 zobrazuje 5 společností s nejvyšším zastoupením v indexu SAX, oblast působení této firmy a její procentuální podíl v indexu.

Tab. 2.4 Společnosti zahrnuté v indexu SAX

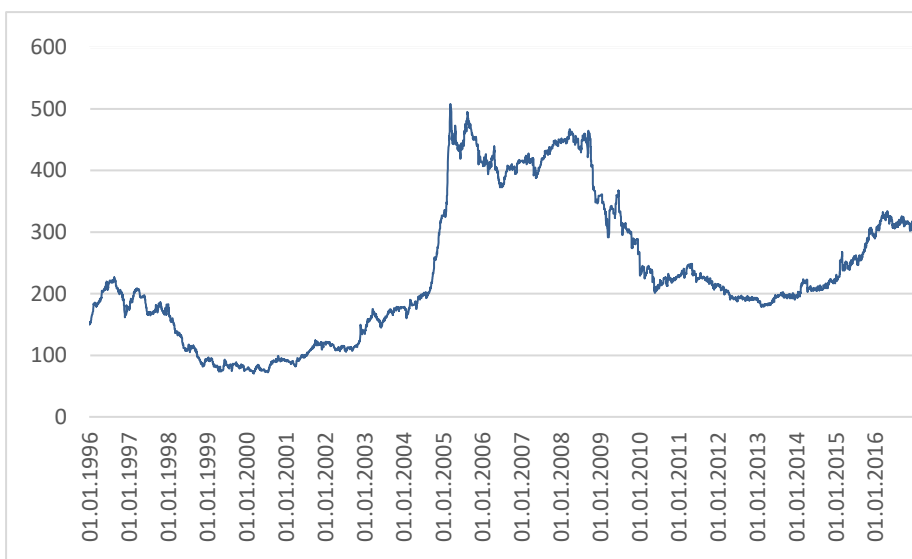
Název společnosti	Oblast	Podíl na SAX
Všeobecná úverová banka	Bankovníctví	21,36 %
Tatry Mountain Resorts	Hotelnictví	20,36 %
SLOVNAFT	Petrochemický průmysl	19,76 %
Best Hotel Properties	Hotelnictví	19,19 %
Biotika	Farmacie	11,04 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Z Tab. 2.4 vyplývá, že pětice nejvýznamnějších společností k 1. lednu 2017, zahrnutých v indexu SAX, zaujímá 91,71 %.

Graf 2.2 vyobrazuje vývoj indexu SAX o roku 1996 do konce roku 2016. Svého maxima dosáhl index v roce 2005. S příchodem finanční krize měl index sestupnou tendenci a svého minima v tomto období dosahuje v roce 2013. V posledních letech se index drží nad hranicí 300 bodů.

Graf 2.2 Vývoj akciového indexu SAX



Zdroj: Vlastní zpracování

2.3. Akciový trh Maďarské republiky

Budapešťská burza cenných papírů (originální název Budapest Értéktőzsde) měla podobnou historii jako další burzy střední a východní Evropy. Byla první burzou cenných papírů obnovenou po pádu komunistického režimu v zemích za železnou oponou. Dnes se řadí mezi významné hráče na poli obchodu s cennými papíry ve střední a východní Evropě.

2.3.1. Historie burzovníctví Maďarské republiky

Historie hlavní maďarské burzy sahá do poloviny 19. století. Dne 18. ledna 1864 byl dekretem císaře Františka Josefa I. umožněn její vznik. Začátek obchodování na burze se váže k roku 1968, kdy se kromě akcií zde také obchodovalo obilí. Od roku 1899 byly uveřejňovány kurzy akcií ve Vídni, Frankfurtu, Londýně a také v Paříži.

Stejně jako BCPP byla Budapešťská burza zasažena I. světovou válkou, avšak poté pokračoval boom v obchodování. Zvrat nastal s příchodem hospodářské krize, kdy byla burza v roce 1931 opět uzavřena. Od roku 1932, i po čas II. světové války, se burze dařilo velice dobře. Stejně jako v Československu byla burza uzavřena s příchodem komunistického režimu v roce 1948.

V roce 1987 byl zaznamenán první pokus o obnovení akciového trhu, kdy byla podepsána dohoda o regulovaném trhu s cennými papíry. Na jaře v roce 1990, přijetím

zákona o cenných papírech, byl položen základní kámen a v červnu téhož roku se na Budapešťské burze začalo obchodovat.

2.3.2. Akciový index BUX

Akciový index BUX, hlavní index maďarské burzy, je uveřejňován od roku 1995. Výchozím dnem indexu byl zvolen 2. leden 1991 a hodnota indexu, vázaná k tomuto datu, je 1 000 bodů. Nejedná se o čistě kapitálově vážený index, ale výpočet je založen na tzv. metodě „free float value“. Jedná se o metodu, která lépe odráží aktuální tržní situaci. Pro výpočet hodnoty indexu BUX je využíván následující vzorec, uveřejněný na oficiální webové stránce BSE.

$$BU(MI)X_t = K \cdot \frac{\sum_{i=1}^n p_{it} \cdot q_{iT} \cdot D_i}{\sum_{i=1}^n p_{i0} \cdot q_{iT}} \cdot 1000, \quad (2.3)$$

kde n je počet cenných papírů zahrnutých v indexu k danému dni, K je opravný faktor pro zabezpečení kontinuity indexu, q_{iT} je celkový počet akcií v indexu, p_{it} je otevírací kurz i -té akcie, p_{i0} je průměrný kurz i -té akcie za den, který předchází dni zařazení akcie do indexu a D_i je opravný faktor pro i -tou akcii.

Tab. 2.5 Základní charakteristika indexu BUX

ISIN	XC0009655090
Měna	HUF
Vážení	free float value
Počet bazických emisí	Variabilní
Výchozí datum	2. 1. 1991
Výchozí hodnota	1 000 bodů
Frekvence výpočtu	V reálném čase
Periodická aktualizace	V měsíci březnu a září

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 2.5 zobrazuje opět základní charakteristiku indexu BUX, včetně frekvence výpočtu a periodicity aktualizace indexu.

Následující Tab. 2.6 představuje 5 nejvýznamnějších společností k 1. lednu 2017, zahrnutých v indexu BUX.

Tab. 2.6 Společnosti zahrnuté v indexu BUX

Název společnosti	Oblast	Podíl na BUX
OPT Bank	Bankovníctví	30,35 %
MOL Group	Oleje a paliva	28,21 %
Gedeon Richter	Farmacie	24,16 %
Magyar Telekom	Telekomunikace	12,13 %
FHB Mortgage Bank	Bankovníctví	1,11 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Z Tab. 2.6 je zřejmé, že největší podíl v indexu má společnost OPT Bank s více než 30 %. Celkový podíl 5 nejvýznamnějších společností je 95,96 %.

Graf 2.3 zachycuje vývoj indexu BUX od roku 1996. Je v něm možné sledovat rostoucí tendenci do poloviny roku 2007, poté dochází k výraznému poklesu. Index se odráží ode dna v roce 2009. V posledních letech dochází k výraznému růstu kurzu tohoto indexu.

Graf 2.3 Vývoj akciového indexu BUX



Zdroj: Vlastní zpracování

2.4. Akciový trh Polské republiky

Polsko je v rámci Visegrádské skupiny největším státem jednak rozlohou, tak také velikostí akciového trhu. Poslední část druhé kapitoly je tedy věnována historii polského akciového trhu a rovněž je představen akciový index WIG20.

2.4.1. Historie akciového trhu Polské republiky

První burza na území Polské republiky byla otevřena v 1817 ve Varšavě. Hlavními obchodovanými instrumenty byly v první polovině 19. století směnky a dluhopisy. S rozvojem burzy se ve druhé polovině 19. století začalo obchodovat také s akciemi. Kromě hlavní akciové burzy ve Varšavě existovaly také menší, regionální burzy např. v Katovicích, Krakově nebo Poznani. Varšavská burza si však zachovávala prvořadý význam, neboť více než 90 % obchodů bylo realizováno právě zde. Stejně jako ostatní burzy v Evropě, ani Varšavská burza se nevyhnula problémům v období první a druhé světové války.

Novodobá historie burzy se váže k porevolučnímu období, kdy v roce 1989 porevoluční polská vláda začala připravovat živnou půdu pro vznik kapitálového trhu. 12. dubna 1991 byla úspěšně založena státní akciová společnost Varšavská burza cenných papírů. V dubnu téhož roku se uskutečnilo první obchodování na této burze a bylo kótováno celkem 5 společností. S postupem času dochází k rozmachu a v roce 1997 je již kótováno více než 100 společností. Přelomový je také rok 2003, kdy Varšavská burza přilákala také zahraniční společnosti.

2.4.2. Akciový index WIG20

Hlavními ukazateli Varšavské burzy jsou akciové indexy WIG. Jedná se o WIG, WIG 30 a také WIG20. Pro účely této práce je využit právě akciový index WIG20, jelikož se jeví jako nejvíce vhodný pro porovnání s výše uvedenými akciovými indexy PX, SAX a BUX.

Akciový index WIG20 je indexem cenovým. Zahrnuje 20 významných firem, které jsou obchodované na varšavské burze. Index je počítán od roku 1994 a jeho počáteční hodnota byla stanovena na 1 000 bodů. Vzorec, uveřejněný na oficiálních webových stránkách WSE, pro výpočet hodnoty indexu má následující tvar

$$WIG20_t = \frac{M_t}{M_0 \cdot K_t} \cdot 1000, \quad (2.4)$$

kde M_t je tržní kapitalizace portfolia indexu v čase t , M_0 je tržní kapitalizace portfolia indexu k počátečnímu datu (16. 4. 1994) a K_t je koeficient řetězení.

Tab. 2.7 Základní charakteristika indexu WIG20

ISIN	PL9999999987
Typ indexu	Cenový index
Měna	PLN
Vážení	Free float value
Maximální váha	15 %
Výchozí datum	16. dubna 1994
Výchozí hodnota	1 000 bodů
Frekvence výpočtu	V reálném čase (aktualizace každých 15 sec.)
Periodická aktualizace	Čtvrtletně, vždy v lednu, dubnu, červnu a říjnu

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 2.8 zobrazuje 5 společností k 1. lednu 2017, jejichž zastoupení v indexu WIG20 je nejvyšší. Kromě názvu dané společnosti a jejího procentuálního zastoupení v indexu tabulka zahrnuje také oblast podnikání dané společnosti.

Tab. 2.8 Společnosti zahrnuté v indexu

Název společnosti	Oblast	Podíl na indexu WIG20
PKN Orlen	Petrochemický průmysl	15,44 %
PKO Bank Polski	Bankovníctví	14,02 %
Bank Pekao	Bankovníctví	10,64 %
PZU Group	Bankovníctví, pojišťovnictví	10,38 %
KGHM	Těžký průmysl	8,01 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Z Tab. 2.8 vyplývá, že celkové zastoupení pěti nejvýznamnějších firem zastoupených v indexu WIG20 je 58,49 %.

Graf 2.4 Vývoj akciového indexu WIG20



Zdroj: Vlastní zpracování

Graf 2.4 zachycuje vývoj indexu WIG20 od počátku roku 1996 do konce roku 2016. Z grafu je patrný relativně prudký nárůst kurzu před finanční krizí roku 2008. Po dosažení dna v roce 2009 došlo k pozvolnému růstu indexu. V posledních letech se kurz indexu drží těsně pod hranicí 2 000 PLN.

3. Hypotéza efektivního trhu a testování teorie efektivních trhů

Tato kapitola je zaměřena na charakteristiku hypotézy akciových trhů a její testování. Základním stavebním článkem celé této kapitoly je definice efektivního trhu. Je zde teoreticky popsána transakční, alokační a informační efektivnost. Kapitola je rovněž věnována historickému vývoji hypotézy efektivních trhů včetně nutných předpokladů potvrzení či vyvrácení této hypotézy. Teoreticky je nastíněna charakteristika efektivního trhu a jsou popsány jednotlivé formy, kterých může akciový trh dosáhnout. Významná část kapitoly je věnována samotným modelům. Závěr kapitoly je zaměřen na kritiku hypotézy efektivního trhu a popis vyskytujících se anomálií.

K vypracování této kapitoly byly využity informace z publikací Bachelier (1964), Mishkin (2013), Musílek (2002), Jílek (2009) a Veselá (2007, 2011). Rovněž bylo využito elektronických dokumentů Čámský (2004), Fama (1970), Hájek (2006, 2007), Lo (2004) a Malkiel (2003), které jsou dostupné online.

3.1. Efektivní trh

Pod pojmem efektivní trh se skrývá takový trh, který může být transakčně, alokačně a také informačně efektivní. **Transakční efektivnost**, nebo také operační, je efektivnost spojená s náklady a riziky na směnu finančních zdrojů. Transakční náklady by dle teorie měly být nulové. Této skutečnosti však v praxi nelze dosáhnout. Za relativně transakční efektivní trh je možné označovat takový, kdy transakční náklady jsou nízké. **Alokační efektivnost**, označována také jako Pareto efektivnost, hodnotí vliv alokace zdrojů prostřednictvím trhu na celkové bohatství. V tomto případě mají ceny zaručovat rovnost výnosů ze všech aktiv, kdy tento výnos je rizikově upraven. **Informační efektivnost** trhu charakterizuje takový trh, který plně reflektuje veškeré relevantní informace ovlivňující výši kurzu akcií. Informace na tomto trhu se rychle rozšiřují a jsou zahrnuty do ceny akcie.

V ekonomických publikacích zabývající se hypotézou efektivních trhů je pravděpodobně nejčastěji citován B. G. Malkiel. Dle jeho definice o informačně efektivních trzích lze hovořit tehdy, odráží-li plně a správně všechny relevantní informace ovlivňující kurz cenného papíru spolu s předpokladem, že zpřístupnění takovýchto informací účastníkům trhu neovlivní cenu daného cenného papíru. Závěrem těchto předpokladů je, že

není možné dosáhnout ekonomického zisku s využitím takovýchto informací. Ucelenou formu hypotézy efektivních trhů představil roku 1965 Eugene Fama.

3.2. Historie hypotézy efektivních trhů

Počátky hypotézy efektivních trhů lze vysledovat do roku 1900, kdy se Louis Bachelier ve své disertační práci zabýval dnes velmi významnou částí hypotézy efektivních trhů, dnes označovanou jako informační efektivnost. Jeho disertační práce byla zaměřena na studium vývoje kurzu cenných papírů na francouzské burze. Ve své práci předpokládal, že události minulé, současné i ty, které se odehrají v budoucnosti, jsou již zahrnuty v hodnotě kurzů cenných papírů. Ačkoli byla práce průlomová, výsledky této studie upadly v zapomnění. Až na konci 50. let na tuto práci upozornil Paul Samuelson.

V oblasti financí se lze setkat s pojmem „random walk“, tedy náhodná procházka. Tento pojem použil již v roce 1905 ve své studii Karl Pearson. Studie se zabývala otázkou optimálního hledání opilce zanechaného uprostřed pole svému osudu. Jelikož lze předpokládat, že opilec se pohybuje naprosto náhodně, je pravděpodobné, že je následně nalezen blíže opilecově výchozímu bodu než kdekoli jinde. Obdobně lze tento pojem použít také ve financích při analýze časových řad, kdy veškeré následující změny kurzu cenného papíru jsou náhodné odchylky od kurzu předchozího. Model náhodné procházky tedy předpokládá, že pravděpodobnostní rozdělení budoucích hodnot (cen, výnosů atd.) je nezávislé na souboru nyní dostupných informací.

V roce 1933 americký ekonom Alfred Cowles III ve své práci zpochybnil úspěšnost bankovních institucí předpovídat vývoj trhu. Výsledkem jeho studie bylo zjištění, že průměrné výsledky dosažené na základě doporučení nedosahovala výsledků jako trh samotný. Cowles tedy považovat trh za nepřekonatelný.

V průběhu první poloviny 20. století bylo vydáno nespočet studií zabývajících se vývojem kurzu cenných papírů, které více či méně dokazovaly, že se vyvíjí náhodně. První, opravdu systematický přístup k hypotéze efektivních trhů, představil Maurice G. Kendall v roce 1952. Svou práci zaměřil na využití technické analýzy na stanovení budoucího vývoje cen akciových kurzů. Pozornost zaměřil na změny kurzů průmyslových společností ve Velké Británii se společnostmi obchodující bavlnu a pšenici ve Spojených státech Amerických. Výsledkem zkoumání byl závěr, že kurz daného instrumentu se pohybuje zcela

bezcílně. K tomuto závěru použil pojem „démon náhody“, který dle něj jednou týdně vybere náhodně číslo, přiřadí ho k současnému kurzu a tím určí cenu na další týden.

V 50. a 60. letech 20. století, s rozmachem výpočetní techniky, se testováním hypotézy efektivních trhů zabývalo mnoho ekonomů. Za otce ucelené formy hypotézy efektivních trhů je považován Eugene Fama, který roku 1965 rozvíjí toto téma ve své disertační práci. Svou práci založil na teorii náhodné procházky a cílem práce bylo empirické ověření chování akciových kurzů. Z dosažených výsledků vyvodil závěr, že technickou analýzu lze aplikovat na historická data, nikoli však na predikci budoucího vývoje a výsledky potvrdil teorii náhodné procházky. O 5 let později, v roce 1970, publikoval Fama článek „Efektivní kapitálové trhy: přehled teorie a empirické práce“, ve které představil hypotézu efektivních trhů včetně rozdělení do tří forem (slabá, střední a silná forma efektivnosti) tak, jak ji známe dnes. Na jeho dílo v posledních desetiletích navazovalo mnoho dalších ekonomů.

V roce 2013 získal Eugene Fama spolu s Robertem Shillerem a Larsenem P. Hansenem Nobelovu cenu za ekonomii.

3.3. Předpoklady hypotézy efektivních trhů

Jako každá jiná, nejen ekonomická teorie, má i hypotéza efektivních trhů jisté předpoklady, které musí být splněny pro dosažení určitého stupně efektivnosti. Mezi tyto předpoklady patří ziskový motiv investorů, tržní prostředí a rovné postavení účastníků trhu, volný tok informací, kvalitní infrastruktura, kvalitní právní legislativa a v neposlední řadě také likvidní trh.

Ziskový motiv investorů, je základní předpoklad efektivního trhu. Určitá část investorů, působících na akciovém trhu, se snaží vyhledávat akcie nesprávně oceněné. Pokud takovouto akcii objeví, jsou tito investoři schopni realizovat správně načasovaným nákupem či prodejem zisk. Toto chování je velice prospěšné, jelikož tyto obchody vyrovnávají nabídku a poptávku po daném cenném papíru a jeho hodnota se blíží rovnovážné ceně.

Tržní prostředí a rovné postavení účastníků je dalším významným předpokladem efektivního trhu. Lze ho charakterizovat jako snahu přiblížit se k velice konkurenčnímu trhu, tedy takovému, na kterém působí veliké množství investorů. Chování jednotlivých

investorů je na sobě nezávislé a investoři mají rovné postavení. Pro vstup na trh neexistují bariéry a přístup k informacím je neomezený a volný.

Volný tok informací je v otázce efektivního trhu zcela nezbytný. Aktuální, korektní, kompletní a pravdivé informace jsou pro fungování efektivního trhu nepostradatelné. Tok informací napomáhá v rozhodování investorů a také zaručuje transparentnost celého trhu.

Kvalitní infrastruktura zaručuje na efektivním trhu aktuální, kvalitní a rychlé informace pro všechny subjekty. Je potřeba vybudovat vysoce kvalitní systém, který těmto požadavkům bude vyhovovat, bude pracovat rychle a efektivně. V současné době již existuje mnoho vysoce kvalitních systémů, kde se obchodování provádí pomocí počítačového systému.

Kvalitní právní legislativa by měla zajistit rovnost a právní ochranu všech subjektů působících na trhu. Soustava zákonů by měla napomáhat transparentnosti trhu a zabránit vzniku nelegálních aktivit.

Likvidní trh zabezpečuje přeměnu méně likvidní finanční instrumenty na likvidní finanční instrumenty v krátkém čase a s minimálními transakčními náklady. Existuje však celá řada faktorů, které působí na likviditu trhu. Mezi nejvýznamnější faktory patří např. *rozvětvenost trhu*. Čím více je daný trh rozvětvený, tím méně účastníků v konkrétní části obchoduje a tím postupně klesá likvidita. Pokles likvidity způsobuje snížená rychlost a obtížnější možnost prodeje cenného papíru. *Existence nelegálního trhu* s sebou logicky přináší přesun části subjektů právě na tyto šedé trhy. Tímto přesunem dochází opět ke snížení počtu subjektů obchodujících na legálním trhu a již výše uvedený problém s likviditou. *Úroveň informovanosti investorů* patří mezi důležité faktory ovlivňující likvidnost trhu. S problémem informovanosti se lze nejčastěji setkat u nově vznikajících trhů. Pokud subjekty nebudou mít dostatek kvalitních informací, nebudou ochotni podstupovat riziko nevědomosti a své obchodní aktivity budou přesouvat na trhy, které jim poskytnou dostatečné množství požadovaných informací. Tento přesun na jiné trhy má za následek opět úbytek účastníků trhu a pokles likvidity. *Výše transakčních nákladů* může vysokou měrou ovlivňovat rozhodování investora, zda na daný trh vstoupí, či nikoli. Jelikož každý investor jedná za účelem zisku, bude si s velkou pravděpodobností vybírat trhy, kde transakční náklady (poplatky, provize, zdanění) budou nízké. Bude-li daný trh svázán vysokými transakčními náklady, bude na něm obchodovat méně subjektů a důsledkem může

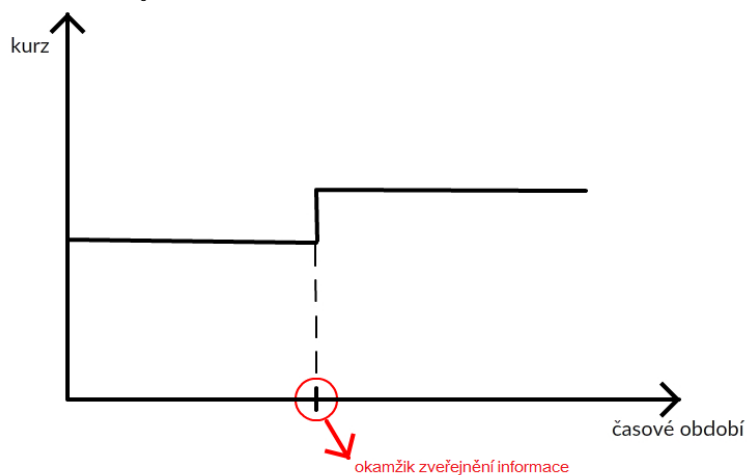
být opět pokles likvidity. *Míra regulace trhu* je v posledních letech velice palčivou otázkou, kterou si pokládají zákonodárci i investoři napříč celým světem. Po poslední finanční krizi se znovu vynořila otázka, do jaké míry trh regulovat. Zjistě všichni souhlasí s tím, že určité mantinely musí být nastaveny a dodržovány. Přílišná regulace i přílišná benevolence s sebou přináší rizika, která se mimo jiné dotýkají také likvidity. V neposlední řadě mezi faktory ovlivňující likviditu trhu patří bezesporu také *současná politická a ekonomická situace*.

3.4. Charakteristiky efektivních trhů

Pro precizní vymezení celé podstaty efektivního trhu se nejčastěji využívají čtyři základní charakteristiky, které charakterizují základní rysy efektivního trhu, jejichž autorem je R. A. Haugen. Jedná se o skokovou reakci na nové informace, náhodné změny akciových kurzů, nemožnost dosahování nadprůměrných výnosů dlouhodobě a opakovaně a selhávání investičních a obchodních strategií.

První charakteristikou efektivního trhu je **skoková reakce na nové informace**. Jedná-li se o efektivní trh, kurz cenného papíru zpracovává aktuální informace ve velice krátkém časovém intervalu, většinou se jedná o sekundy případně minuty. Proto je reakcí kurzu skok, který je znázorněn na následujícím obrázku.

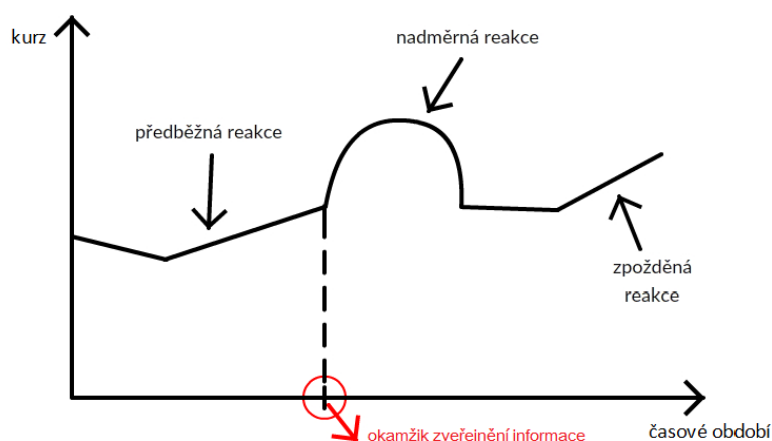
Obr. 3.1 Skoková reakce kurzu



Zdroj: Vlastní zpracování

Jedná-li se o neefektivní akciový trh, kurz může reagovat různými způsoby, jak zachycuje následující obrázek.

Obr. 3.2 Předběžná, nadměrná a zpožděná reakce kurzu



Zdroj: Vlastní zpracování

Jak je z obrázku patrné, kurz akcie může reagovat předběžně, nadměrně, případně zpožděně. *Zpožděná reakce* zpravidla nastává v případě, kdy trh pozvolna vstřebává zveřejněné informace, kdy tento proces může trvat i několik dnů. V těchto dnech investoři vyhodnocují a analyzují zveřejněné informace a až následně jsou tyto skutečnosti zohledněny v jejich investičních strategiích. *Předběžná reakce* je způsobena tím, že určití investoři mají přístup k inside informacím. Tyto vnitropodnikové informace nejsou veřejně dostupné, a proto k nim má přístup pouze malý okruh subjektů. Ti následně díky těmto informacím začnou měnit své investiční strategie ještě před dnem zveřejnění dané informace. *Nadměrná reakce* s následnou korekcí je způsobená přehnanou reakcí investorů. Tito investoři neuvažují zcela racionálně, ale jejich rozhodování je zatíženo emocemi případnou panikou na zveřejněnou informaci. Přílišný optimismus je doprovázen masivním nákupem cenného papíru a případný pesimismus zase prodejem. Vytváří se bublina, která vychýlí kurz mimo svou optimální hodnotu. Tato bublina však časem praskne a cena se vrací k reálné hodnotě.

Druhým předpokladem hypotézy efektivního trhu jsou **náhodné změny akciových kurzů**. V případě efektivního trhu by měly být všechny reakce kurzů na oznámení neočekávané informace náhodné a nezávislé a veškeré reakce by měly být ukončeny ještě v tentýž den. Jelikož je nově zveřejněná informace neočekávaná, není ji možné předem predikovat. Pokud by informace tuto podmínku nesplňovaly a bylo by možné je predikovat, nedošlo by k žádné změně kurzu, neboť by trh tyto informace již zpracoval.

V podmínkách neefektivního trhu dochází k provázanosti jednotlivých kurzů. V praxi to pak znamená, že dochází k řetězci reakcí daného trhu na novou informaci, a tedy dochází k přizpůsobování cen. Tyto změny na sebe navazují a nejsou náhodné, tedy nesplňují podmínky teorie efektivních trhů.

Třetí charakteristikou efektivního trhu je **nemožnost dosahování nadprůměrných výnosů dlouhodobě a opakovaně**. Jelikož motivací každého investora je zisk, dochází tak k neustálému tlaku na kurz cenného papíru. Ten se dostává na svou rovnovážnou hodnotu. Investoři, kteří své aktivity zaměřují na vyhledávání ziskových příležitostí, mohou z krátkodobého hlediska dosáhnout nadprůměrného zisku. Jelikož však neustálé aktivity odstraňují ziskové, potažmo ztrátové příležitosti, není možné nadprůměrného zisku dosahovat opakovaně a dlouhodobě.

Poslední, čtvrtou charakteristikou efektivního trhu je **selhání investičních a obchodních strategií**. Je-li trh efektivní, pak jsou všechny kurzy cenných papírů na jejich vnitřní hodnotě, tedy jsou správně oceněny. Z tohoto předpokladu je již patrné, že všechny investiční a obchodní strategie jsou odsouzeny k neúspěchu, neboť žádná z nich nedokáže investorovi z dlouhodobého časového hlediska přinést nadprůměrný zisk. Jednou z mála účinných strategií na efektivním trhu je diverzifikace portfolia.

3.5. Formy efektivnosti

Stěžejní roli v celé hypotéze efektivních trhů hraje efektivnosti informativní. Právě rychlost přenosu informace je v této teorii měřitelná. Fama ve své práci rozlišuje tři formy efektivnosti. Jedná se o slabou, středně silnou a silnou formu efektivnosti. Formy efektivnosti akciového trhu se rozlišují dle druhu informací, které v sobě nesou.

O **slabé formě efektivnosti** akciového trhu lze hovořit tehdy, reagují-li kurzy cenných papírů na veškeré historické informace. Obsahuje-li kurz akcie veškeré tyto informace, pro prognózování budoucnosti je zbytečné zkoumat historickou řadu této akcie. Technická analýza pracuje s historickými daty a předpokládá, že kurz akcií se pohybuje v určitém trendu. Kurzu cenného papíru trvá určitý čas, než v sobě promítne veškeré informace, a proto je zde prostor pro analýzu trendů, formací a objemů obchodů a je zde možné dosáhnout zisku. Hypotéza efektivních trhů naopak tvrdí, že historické informace se na efektivním trhu šíří velice rychle a prudce. Metody založené na zkoumání historického

vývoje, jakou je např. výše zmíněná technická analýza, jsou na trhu s prokázanou slabou formou efektivnosti proto nevyužitelné.

Středně silná forma efektivnosti je možné pozorovat na trhu tehdy, odráží-li kurz cenného papíru okamžitě jednak veškeré historické informace a rovněž také veškeré aktuální, veřejně dostupné informace. Jedná se o vyšší stupeň efektivnosti akciového trhu než slabá forma. Jelikož je kurz na takovém trhu schopen absorbovat veškeré veřejně dostupné a historické informace, jsou jakékoli modely analýzy takovýchto informací neúčinné. Nadprůměrného výnosu je v takovémto případě možné dosáhnout pouze pomocí inside informací, tedy takových, které nejsou veřejně dostupné.

Silná forma efektivnosti je nejvyšší stupeň efektivnosti trhu, často označován jako trh perfektní. Na tomto trhu jsou kurzy cenných papírů schopny absorbovat veškeré informace dostupné z jakéhokoli zdroje. Kurz cenného papíru odpovídá v každém okamžiku vnitřní hodnotě, není proto možné dosáhnout nadprůměrného výnosu. Kurzy konají random walk (náhodnou procházku), je tedy vyloučena jakákoli existence trendů a závislostí.

3.6. Základní přístupy efektivních trhů

V teorii efektivních trhů jsou rozlišovány dva základní přístupy – Fair Game a Random Walk (náhodná procházka). Oba tyto přístupy vychází ze stejného předpokladu, že veškeré dostupné informace jsou absorbovány kurzem daného cenného papíru okamžitě. Neexistuje-li rozdíl mezi skutečným a očekávaným výnosem s ohledem na daný soubor informací, lze zapsat dle vzorce

$$r_{i,t+1} = E\left(\frac{r_{i,t+1}}{\Theta_t}\right) + \varepsilon_{i,t+1}, \quad (3.1)$$

kde $r_{i,t+1}$ je skutečný výnos z cenného papíru i v čase $t+1$, E je očekávaný výnos, Θ_t je soubor všech dostupných informací v čase t a $\varepsilon_{i,t+1}$ je reziduum (predikční chyba) výnosu z i -tého cenného papíru.

Pro splnění podmínek Fair Game nesmí toto reziduum korelovat s očekávaným výnosem, musí být nestranné ve vztahu k očekávanému výnosu a musí být efektivní, tedy nesmí korelovat s reziduem j -tého cenného papíru.

Pokud reziduum splňuje zadané podmínky, lze vyslovit hypotézu slabé formy efektivnosti daného cenného papíru. Vztah mezi očekávaným výnosem a očekávanou a běžnou cenou má pak následující tvar

$$E\left(P_{i,t+1/\Theta_t}\right) = \left[1 + \frac{E(r_{i,t+1})}{\Theta_t}\right] \cdot P_{i,t}, \quad (3.2)$$

kde $E(P_{i,t+1/\Theta_t})$ je očekávaná cena i -tého cenného papíru v čase $t+1$, $E(r_{i,t+1})$ představuje očekávaný výnos z i -tého cenného papíru v čase $t+1$, $P_{i,t}$ je cena i -tého cenného papíru v čase t a Θ_t je soubor aktuálně dostupných informací.

Rozdíl mezi skutečnou cenou v čase t a očekávanou cenou v čase $t+1$ je možné vyjádřit pomocí vztahu

$$x_{i,t+1} = P_{i,t+1} - E\left(\frac{P_{i,t+1}}{\Theta_t}\right), \quad (3.3)$$

kde $x_{i,t+1}$ je rozdíl mezi očekávanou a skutečnou cenou i -tého cenného papíru v čase $t+1$.

Předpokládá-li se efektivní trh, pak cena okamžitě absorbuje veškeré dostupné informace a rozdíl mezi očekávanou a skutečnou cenou je roven 0. Za takto stanovených podmínek není možné dosáhnout výnosu z rozdílů těchto cen.

Pro predikci očekávaného výnosu se ukazuje jako nejvhodnější vycházet z dnešního výnosu, neboť není možné předvídat nové informace. Tuto situaci je možné zapsat následujícím vztahem

$$E\left(\frac{r_{i,t+1}}{\Theta_t}\right) = r_{i,t}, \quad (3.4)$$

kde $r_{i,t}$ je dnešní výnos.

Dosazením tohoto vztahu do vzorce (3.1) lze vniklou rovnici zapsat ve tvaru

$$r_{i,t+1} = r_{i,t} + \varepsilon_{i,t+1}. \quad (3.5)$$

Výše uvedený matematický vztah (3.5) je rovněž matematickým vyjádřením modelu náhodné procházky. Rovnici je možné interpretovat tak, že kurz cenného papíru vykonává náhodnou procházku tehdy, kdy se výnos i -tého cenného papíru zítra (v čase $t+1$) rovná výnosu i -tého cenného papíru dnes (v čase t) a částky závislé na nově zveřejněné informaci.

3.7. Testování slabé formy efektivnosti

Pro testování slabé formy efektivnosti je možné využít celé řady testů. Daná skupina testů se zpravidla váže ke konkrétní charakteristice hypotézy efektivního trhu.

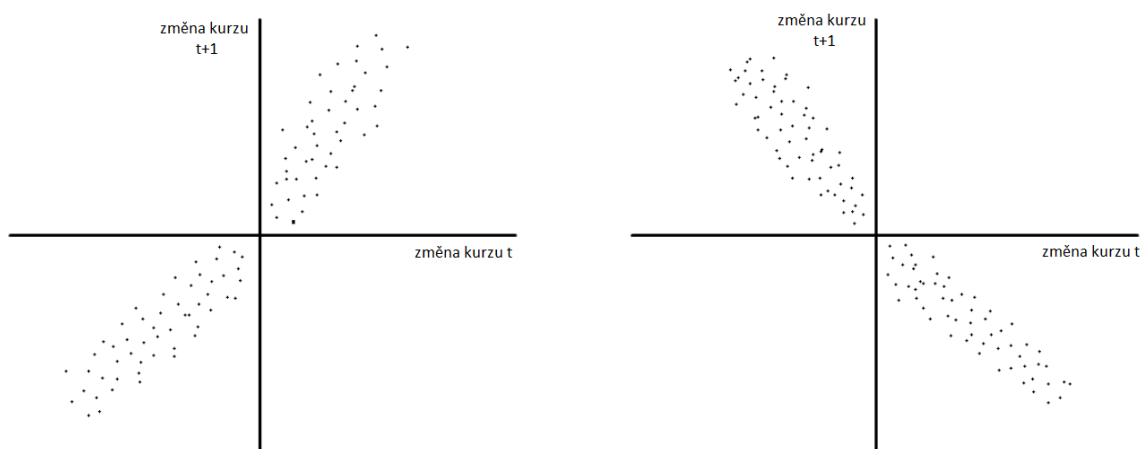
K testování slabé formy efektivnosti trhu lze využít testy nezávislosti změn akciových kurzů nebo testy úspěšnosti obchodních strategií. Obě tyto skupiny testů budou popsány níže.

3.7.1. Testy nezávislosti změn akciových kurzů

Důležitým předpokladem teorie efektivních trhů je fakt, že veškeré změny akciových kurzů jsou nezávislé a náhodné. K potvrzení tohoto předpokladu byly zformulovány testy testující právě tuto nezávislost změn. Do této skupiny testů můžeme zařadit korelační testy, runs testy, simulační testy a v neposlední řadě také distribuční modely.

Korelační testy se využívají k posouzení závislosti akciových kurzů. Zkoumají, zda daný kurz cenného papíru stoupá či klesá v závislosti na jiném kurzu či nikoli. K posouzení této závislosti se využívá směrnice regresní přímky.

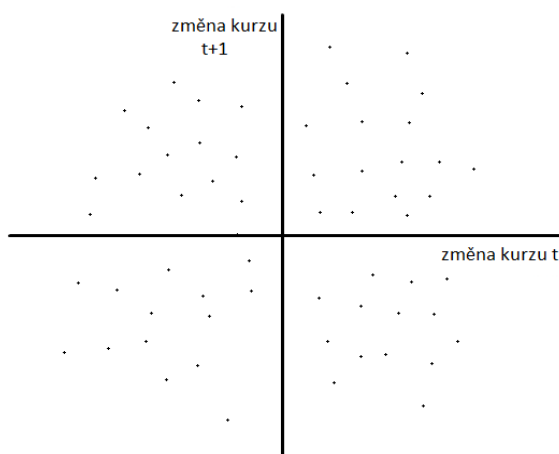
Obr. 3.3 Pozitivní a negativní korelace



Zdroj: Vlastní zpracování

Levá část Obr. 3.3 znázorňuje pozitivní korelace akciového kurzu a pravá část obrázku zobrazuje zápornou korelaci akciového kurzu. Jedná-li se o pozitivní korelaci, pak roste-li kurz v čase t , roste také v čase $t+1$ a naopak. Směrnice regresní přímky má v tomto případě kladný směr. Jedná-li se o zápornou korelaci, pak roste-li kurz akcie v čase t , klesá v čase $t+1$ a naopak. Změny kurzů jsou tedy protichůdné a směrnice regresní přímky má záporný směr. Následující Obr. 3.4 zachycuje neutrální korelaci.

Obr. 3.4 Neutrální korelace



Zdroj: Vlastní zpracování

V případě neutrální korelace není možné pozorovat závislost mezi kurzy v čase t a v čase $t+1$. Jednotlivé body, jak je patrné z obrázku výše, jsou rozmístěny zcela náhodně.

K určení velikosti této závislosti se využívá korelační koeficient, jenž má následující tvar

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}, \quad (3.6)$$

kde ρ_{ij} je korelační koeficient, σ_i a σ_j jsou směrodatné odchylky proměnných i a j a σ_{ij} představuje kovarianci.

Potřebnou hodnotu směrodatné odchylky lze získat pomocí vzorce 3.7.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (3.7)$$

kde σ je směrodatná odchylka, n počet období, x_i je hodnota za jednotlivá období a \bar{x} vyjadřuje aritmetický průměr daného období.

Kovarianci je možné vypočítat dle následujícího vztahu

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{N} \cdot \sum [R_{it} - E(R_i)] \cdot [R_{jt} - E(R_j)], \quad (3.8)$$

kdy N je počet aktiv v portfoliu, R_{it} je výnos i -tého aktiva v období t , $E(R_i)$ je očekávaný výnos i -tého aktiva, R_{jt} je výnos j -tého aktiva v období t a $E(R_j)$ je očekávaný výnos j -tého aktiva.

Hodnota korelačního koeficientu může nabývat hodnot z intervalu $\langle -1; 1 \rangle$. Čím více se blíží vypočtená hodnota korelačního koeficientu -1 , potažmo 1 , tím větší závislost zde je. Nabývá-li hodnota korelačního koeficientu hodnoty blíží se 0 , hovoříme o neutrální závislosti.

Simulační testy jsou další skupinou k testování formy efektivnosti akciového trhu. Pomocí simulačních testů je ověřována nezávislost změn akciových kurzů. Simulační testy jsou postaveny na porovnávání vývoje akciového kurzu (zpravidla je tento vývoj reprezentován akciovým indexem) a vývoj náhodně vybraných hodnot. Tyto hodnoty jsou náhodné, a tedy splňují předpoklad nezávislosti. Při konstrukcích simulačních testů jsou zpravidla vytvořeny dvě skupiny souborů. První typ souboru obsahuje skutečné změny akciového indexu. Druhý typ souboru zahrnuje simulované hodnoty, jedná se tedy o náhodně vybrané hodnoty.

Po vytvoření dvou výše zmíněných souborů jsou zkonstruovány dva samostatné grafy, které jsou následně mezi sebou porovnávány. Z podstaty souboru obsahujícího simulované hodnoty je jasné, že hodnoty jsou náhodné a tedy nezávislé. Blíží-li se podoba grafu znázorňujícího skutečné hodnoty grafu s náhodnými hodnotami, je možné vyvodit závěr, že skutečné hodnoty jsou rovněž nezávislé. Tímto je možné potvrdit slabou formu daného finančního trhu.

Simulační testy však nejsou značnou částí odborné veřejnosti považovány za věrohodné a argumentují mnoha důvody. Mezi nejzásadnější patří značná subjektivita rozhodovatele, zda jsou si dva grafy podobné. Druhým nejčastějším argumentem nevhodnosti simulační metody je také velice nízká pravděpodobnost, že si budou dva grafy podobné. Naopak je vysoce pravděpodobné, že grafy budou mít naprosto jiný průběh, ze kterého však není možné okamžitě vyvodit závěr, že se nejedná o efektivní trh.

Runs testy, nebo také iterační testy, představují testy vytvořené spojením simulačních a korelačních testů. Důvodem vytvoření těchto testů byla snaha odstranit jednotlivé nedostatky daných testů spočívající ve výskytu extrémních hodnot. Výskyt takovýchto extrémních hodnot může zkreslovat dosažené výsledky. Tato skupina testů je založena na sledování změn kurzů za určité časové období v obou typech souboru, tedy jak v souboru s reálnými daty, tak i v souboru s náhodnými hodnotami. Každá změna kurzu je zaznamenávána pomocí symbolů „0, + a -“. Vzroste-li hodnota kurzu, označí se znaménkem „+“, naopak klesne-li hodnota kurzu, označí se tato změna symbolem „-“. Nedošlo-li k žádné změně kurzu, použije se symbol „0“. V rámci sledovaného období se pak spočítají jednotlivé interace (runs nebo také průběh). Jedna iterace zahrnuje sérii po sobě jdoucích změn stejného znaménka, tedy série 0+++0---- odpovídá čtyřem iteracím.

Výše uvedený postup je aplikován na soubor reálných hodnot a může být při dlouhém časovém období zdoluhavá. Pro zjištění počtu iterací v souboru s náhodnými hodnotami je pro ulehčení možné využít následujícího vzorce

$$\frac{1}{3} \cdot (2 \cdot n - 1), \quad (3.9)$$

kde n je počet pozorování.

Po zjištění počtu iterací v obou typech souborů jsou tyto hodnoty porovnány. Slabá forma efektivity trhu je potvrzena v případě, kdy je počet průběhů podobný u obou typů souborů. Dojde-li k situaci, že počet průběhů ve skutečném souboru je mnohem nižší než v souboru obsahujícím simulační hodnoty, jedná se o pozitivní korelaci. V opačném případě, tedy je-li počet průběhů v souboru se skutečnými hodnotami mnohem vyšší než v souboru obsahující simulační hodnoty, jedná se o negativní korelaci.

Distribuční modely jsou založeny na myšlence, že rozdělení náhodných veličin se blíží normálnímu rozdělení. Pro normální rozdělení je typické, že nejvyšší četnosti hodnot je kolem střední hodnoty. Čím více se rozdělení cenových změn podobá normálnímu rozdělení, tím více je možné potvrdit slabou formu efektivnosti trhu.

Jelikož i v případě distribučních modelů je velkým omezením existence extrémních hodnot a vysoká subjektivita rozhodovatele, tyto testy nejsou v praxi příliš využívány.

3.7.2. Testy úspěšnosti obchodních strategií

Tato skupina testů je zaměřena na testování obchodní strategie investora. Snaží se nalézt odpověď na otázku, zda daná obchodní strategie, kterou investor využívá, mu přináší dlouhodobě a opakovaně nadprůměrný výnos. Do této skupiny testů je možné zařadit filter testy, případně testy zaměřené na nákup akcií firem s nízkým P/E ratiem nebo zanedbaných firem.

Filter testy, jak již samotný název napovídá, staví na technice stanovení filtru, který představuje určitou hranici. Tato hranice je nastavená pro každý akciový kurz. K obchodování s akcií dojde v tom okamžiku, pokud kurz překročí tuto pomyslnou hranici. Výchozím předpokladem je myšlenka, že po překročení této hranice se kurz akcie bude vyvíjet stejným směrem. Výsledky testu jsou vysoce závislé na stanovení hodnoty dané hranice, která se může pohybovat až do hodnoty 20 %. Je tedy jasné, že investor, který si stanovil hranici $\pm 7\%$ dosáhne jiných výsledků než investor, který má stanovený filtr na hodnotu $\pm 17\%$. Čím je filtr nastaven na vyšší hodnotu, tím se snižuje počet i nebezpečí chybného rozpoznání signálu, avšak se zároveň snižuje možnost dosáhnout potencionálního zisku.

Tyto testy byly pro testování efektivnosti trhu poprvé použity v roce 1969. Studie Famy, Blumea a Alexandra porovnává dosažené výnosy pomocí filter techniky a techniky „kup a drž“. Technika „kup a drž“ umožňuje dosáhnout pouze průměrných výnosů, tedy odpovídá jedné z charakteristik hypotézy efektivního trhu. Je-li možné po porovnání filter techniky a techniky „kup a drž“ dojít k závěru, že výnosy dosažené filter technikou jsou nižší než technikou „kup a drž“ je hypotéza efektivních trhů potvrzena, neboť neúspěch obchodní strategie byl potvrzen. V opačném případě, tedy dosažené výnosy pomocí obchodní strategie budou vyšší než pomocí metody „kup a drž“, je slabá forma efektivnosti vyvrácena.

3.8. Anomálie na trhu

Hypotéza efektivních trhů se zhruba od 80. let potýká se značnou kritikou. Právě v 80. letech se objevují studie, které poukazují na anomálie na trhu a tím rozporují platnost hypotéz efektivního trhu. Významným argumentem kritiků hypotézy efektivních trhů je

např. prodat amerického indexu DJIA z pondělí 19. října 1987. V tento den došlo k propadu o bezmála 22 %, aniž by došlo ke zveřejnění jakékoli významné informace.

Anomálie vyskytující se na finančním trhu lze charakterizovat jako určité situace, které se pravidelně na trhu vyskytují nebo přetrvávají a investoři mohou tohoto efektu využít a dosáhnout opakované nadprůměrného výnosu. Anomálií, vyskytujících se na finančních trzích je již popsanych mnoho. Mezi v literatuře nejčastěji zmiňované lze zařadit např. lednový efekt, efekt dne v týdnu, efekt velikosti, efekt nízkého P/E ratia, efekt nízkého P/BV ratia nebo efekt zanedbaných firem.

Lednový efekt, jak již název napovídá je anomálie vyskytující se vždy v lednu u akcií malých firem. Zpravidla v prvním týdnu měsíce ledna dochází k velkému nárůstu kurzu. Jelikož lednový efekt patří mezi nejvýznamnější a nejvíce testované anomálie, je vysvětlení důvodů vzniku tohoto efektu velké množství. Nejčastějším vysvětlením vzniku lednového efektu je chování investičních manažerů, kteří na přelomu roku vyhodnocují a upravují své investiční strategie. Investiční manažeři se snaží nalézt nové investiční příležitosti v malých firmách, které mají velký potenciál v budoucnu. Zvýšením poptávky po akciích dojde k nárůstu jejich kurzu. Druhým nejčastějším zdůvodněním je daňová optimalizace. Před koncem roku se manažeři snaží maximalizovat kapitálovou ztrátu, která je odčitatelnou položkou prodejem akcií s vysokou ztrátou. V lednu poté dochází k nákupu akcií malých firem zpět do portfolia a tyto nákupy opět zapříčiní zvýšení kurzu.

Efekt dne v týdnu je další, velice významnou anomálií vyskytující se na finančním trhu. V průběhu týdne je možné vyzorovat, že se akcie chovají dle určitého vzoru a toto chování je nenáhodné, což je v rozporu s předpokladem efektivního trhu, jelikož vykazuje určitou sezónnost. Pondělní efekt naznačuje, že v tomto dnu dochází v průměru k nejvyšším poklesům. Naopak ve středu a v pátek dochází k pozitivním změnám. V úterky a čtvrtky dochází k velice nízkým výkyvům. Vysvětlením těchto anomálií je možné nalézt v reakcích investorů na důležité informace, psychologické aspekty a nálady.

Efekt velikosti se vyskytuje u malých firem, respektive u firem s malou kapitalizací. Tento efekt spočívá v nadprůměrném výnosu v porovnání s firmami s velkou tržní kapitalizací. Tento nadprůměrný výnos je však spojen s vyšším rizikem, které musí investor podstoupit, jelikož jsou informace o těchto firmám hůře dostupné. Spolu s rizikem investor také podstupuje riziko menší likvidity a vysokými transakčními náklady.

Efekt nízkého P/E ratia ($P/E = \text{Price/Earning}$) kdy cenné papíry s nízkým P/E ratiem jsou schopny generovat opakovaně vysoký výnos. Důvodem vzniku této anomálie může být lpění analytiků k historickým datům a událostem.

Efekt nízkého P/BV ratia ($P/BV = \text{Price/Book value}$) je podobný efektu nízkého P/E ratia. Stejně jako výše zmíněný ukazatel, cenné papíry s nízkou hodnotou P/BV ratia generují vyšší výnos než cenné papíry, které mají tento ukazatel nízký.

Efekt zanedbaných firem je pozorovanou anomálií převážně u firem, které nejsou příliš pro investory atraktivní. Tyto firmy, díky nepříliš vysokému zájmu investoru, jsou schopny generovat opakovaně nadprůměrný výnos hlavně na začátku roku. Tento výnos je spojen s vyšším rizikem a nižší likviditou, kterou musí investor podstoupit.

Mezi další pozorované anomálie lze zařadit také efekt nízkého P/S ratia, efekt fúzí a akvizic, efekt akcií uzavřených fondů, efekt emise nových akcií, efekt kótace nebo efekt spojený s Value Line Survey.

Hypotézy efektivních trhů se v posledních více než 20 letech potýkají s výraznou kritikou. Tato kritika se opírá o již výše zmíněné anomálie, které jsou v rozporu s efektivním trhem. V posledních letech došlo k výraznému nárůstu počtu přívrženců nového ekonomického přístupu, tzv. behaviorálních financí. Behaviorální finance představují protipól hypotéze efektivních trhů, jelikož tvrdí, že investoři se nechovají racionálně a jsou poháněni také psychologickými a jinými, iracionálními skutečnostmi.

I přes veškeré kritiky, se kterými se musí teorie efektivních trhů potýkat, patří jí jistě v ekonomické teorii své místo. Existuje mnoho studií, které potvrzují slabou, v některých případech i střední formu efektivnosti. Na druhou stranu existuje mnoho studií, které vyvracejí pravdivost hypotézy. Je nutno se proto danou teorií efektivních trhů nepovažovat za dogma.

V posledních letech se proto někteří ekonomové snaží spojit hypotézu efektivních trhů právě s behaviorálními financemi. Příkladem této snahy je hypotéza adaptivních trhů, kterou v roce 2004 představil Andrew W. Lo.

4. Testování slabé formy efektivnosti akciových trhů zemí Visegrádské skupiny

Čtvrtá kapitola je vymezena samotnému testování slabé formy efektivnosti akciových trhů Visegrádské skupiny. První část kapitoly je zaměřena na detailní popis dat, na kterých bude samotné testování probíhat. Ve druhé části této kapitoly je prostor věnován samotnému testování slabé formy efektivnosti, přičemž součástí je také charakteristika použitých metod. V poslední části čtvrté kapitoly je zahrnuto vyhodnocení výsledků a jejich samotná interpretace.

K vypracování této kapitoly jsou využity informace z publikací Arlt (2003, 2009), Cipra (2008) a Jarošová (2015). Základní informační prameny této kapitoly jsou webové stránky jednotlivých burz dostupné online. Podpůrným zdrojem byla také internetová stránka www.stooq.com.

4.1. Charakteristika dat

Pro testování slabé formy efektivnosti akciových trhů jsou vybrány akciové indexy burz Visegrádské skupiny. Český kapitálový trh je zastoupen indexem PX, Slovenský kapitálový trh je zastoupen indexem SAX, Maďarský kapitálový trh je zastoupen indexem BUX a poslední, Polský kapitálový trh, je zastoupen indexem WIG20.

Data byla získána z webové stránky www.stooq.com a zkontrolována dle stránek jednotlivých burz. Jedná se o denní uzavírací kurzy daných indexů za sledované období od 1. ledna 1996 do 30. prosince 2016. Toto dlouhé, jednadvacetileté období je rozděleno na 3 samostatné celky, na jejichž datech bude testování prováděno. První celek zahrnuje období od roku 1996 do roku 2002. Toto období zachycuje významnou internetovou bublinu. Druhý celek zahrnuje období od roku 2003 do roku 2009. V tomto období došlo k významné celosvětové finanční krizi. Posledním samostatným celkem je období od roku 2010 do konce roku 2016.

Veškeré výpočty v této kapitole jsou provedeny pomocí softwaru SPSS (verze 23) a MS Excel.

Pro samotné testování slabé formy hypotézy efektivních trhů je potřeba transformovat jednotlivé časové řady na logaritmické výnosy. K této transformaci dochází pomocí vzorce

$$r_t = \ln P_t - \ln P_{t-1}, \quad (4.1)$$

kde r_t je výsledný logaritmovaný výnos, P_t je uzavírací kurz v čase t a P_{t-1} je uzavírací kurz v čase $t-1$.

K této transformaci dochází z důvodu předpokladu, že finanční časové řady mají většinou logaritmicko-normální rozdělení. Aby výnosy cenných papírů nebyly omezeny zdola 0, resp. -1, je vhodná právě logaritmická transformace oproti prostému podílu daných kurzů. Následující tabulka zachycuje základní charakteristiku logaritmovaných (spojitých) výnosů za celé sledované období, tedy od roku 1996 do roku 2016.

Tab. 4.1 Základní charakteristika výnosů za celé sledované období

Charakteristika	Index PX	Index SAX	Index BUX	Index WIG20
Počet pozorování	5 479	5 479	5 479	5 479
Směrodatná odchylka	0,0134536	0,0123838	0,0168773	0,0165422
Průměr	0,0001409	0,0001328	0,0005551	0,0001642
Medián	0,0000000	0,0000000	0,0001393	0,0000000
Max	0,1236405	0,1188026	0,1361574	0,1370882
Min	-0,1618547	-0,1481009	-0,1803310	-0,1416082
Šikmost	-0,457	-0,738	-0,544	-0,203
Špičatost	12,246	13,671	11,264	4,785

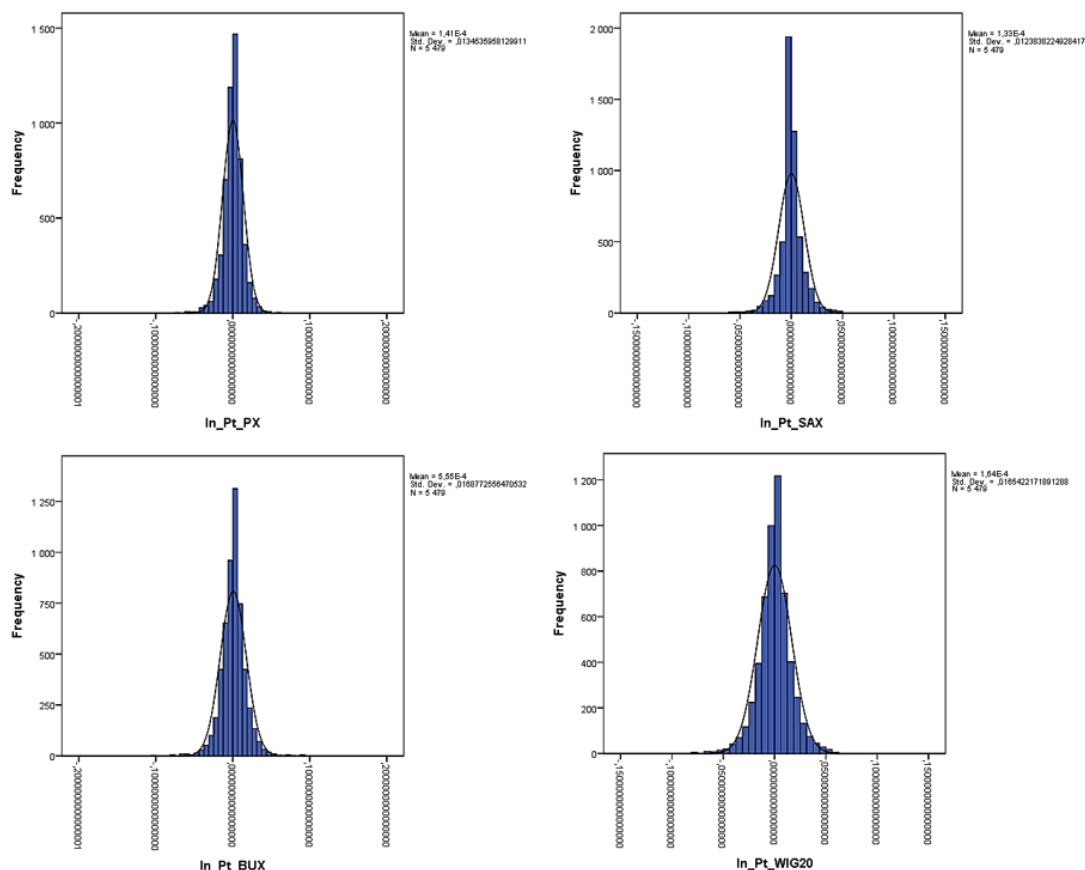
Zdroj: Vlastní zpracování

Z Tab. 4.1 je možné vyčíst, že charakterizovaný soubor dat má ve všech čtyřech případech stejný počet pozorování, který je v rozsahu 5 479 pozorování. U všech indexů je vypočtena záporná šikmost, která naznačuje, že vlevo od průměru se vyskytují odlehlejší hodnoty, nežli je tomu vpravo. V ideálním případě pro normální rozdělení platí hodnota šikmosti rovna 0. U výnosů indexů PX, SAX a BUX je patrná vysoká špičatost, dosahující hodnot v rozmezí 11,26 až 13,67. V případě výnosu indexu WIG20 dosahuje šikmost hodnoty 4,78. Pro normální rozdělení je hodnota špičatosti rovna 3.

Následující histogramy zachycují výnosy jednotlivých indexů. Tyto histogramy slouží pro prvotní ohodnocení šikmosti a špičatosti za celé období. Z grafů je patrná výrazná

špičatost, která již nyní naznačuje možné problémy při posuzování normality pomocí Jarque-Bera testu, který je založen na porovnání hodnot špičatosti a šikmosti u dané časové řady a hodnot pro normální rozdělení.

Obr. 4.1 Histogramy výnosů v období 1996-2016



Zdroj: Vlastní zpracování

Testování slabé formy efektivnosti trhů Visegrádské skupiny probíhá nejprve pomocí testů autokorelace. Do této skupiny patří autokorelační funkce (ACF) a také parciální autokorelační funkce (PACF). Autokorelace je jev nežádoucí, proto pro splnění slabé formy efektivnosti trhu je její výskyt nežádoucí.

Další skupinou metod použitých v této práci jsou testy normality. Normalita dat je testována pomocí grafického zobrazení, Jarque-Bera testu a Kolmogorov-Smirnova testu. Normalita dat je při testování jev žádoucí, tedy pro potvrzení slabé formy efektivnosti trhu je žádané, aby rezidua měla normální rozdělení.

Poslední zvolenou metodou pro posouzení slabé formy efektivnosti daného trhu je neparametrický test Runs test. Tento test je výsledkem spojení testů korelačních a

simulačních metod ve snaze o odstranění nedostatků. Runs test je založen na skutečném a simulovaném souboru, kde se sledují jednotlivé průběhy. Porovnáním výsledků těchto dvou souborů je možné vyvodit závěr, zdali mají rezidua náhodný průběh či nikoli.

4.2. Testování slabé formy efektivnosti v období 1996–2002

Slabá forma efektivnosti akciového trhu je testována v období od 2.1. 1996 do 31. prosince 2002. Následující tabulka zahrnuje základní charakteristiku výnosů jednotlivých indexů.

Tab. 4.2 Základní charakteristika výnosů v letech 1996-2002

Charakteristika	Index PX	Index SAX	Index BUX	Index WIG20
Počet pozorování	1 826	1 826	1 826	1 826
Směrodatná odchylka	0,012787	0,014294	0,019960	0,020353
Průměr	0,000043	-0,000052	0,000892	0,000216
Medián	0,000000	0,000000	0,000446	0,000000
Max	0,058199	0,095738	0,136157	0,137088
Min	-0,070772	-0,114839	-0,180331	-0,141608
Šikmost	-0,142	-0,406	-0,903	-0,149
Špičatost	1,882	7,041	12,156	4,145

Zdroj: Vlastní zpracování

Sledované období, jak dokládá Tab. 4.2, zahrnuje 1 826 pozorování u všech sledovaných indexů. U všech pozorovaných indexů je naměřena záporná šikmost. Z těchto výsledků lze odhadovat, že nízké a záporné hodnoty se objevují častěji než v normálním rozdělení. Výrazně vysoká špičatost je naměřena v případech indexů SAX a BUX. Vyšší špičatosti dosahuje také index WIG20. Naopak nízká špičatost je naměřena u indexu PX.

4.2.1. Testování autokorelace

Autokorelace je často vyskytující se jev, který lze charakterizovat jako porušení nezávislosti náhodných složek. Autokorelace je testována pomocí ACF a PACF testu.

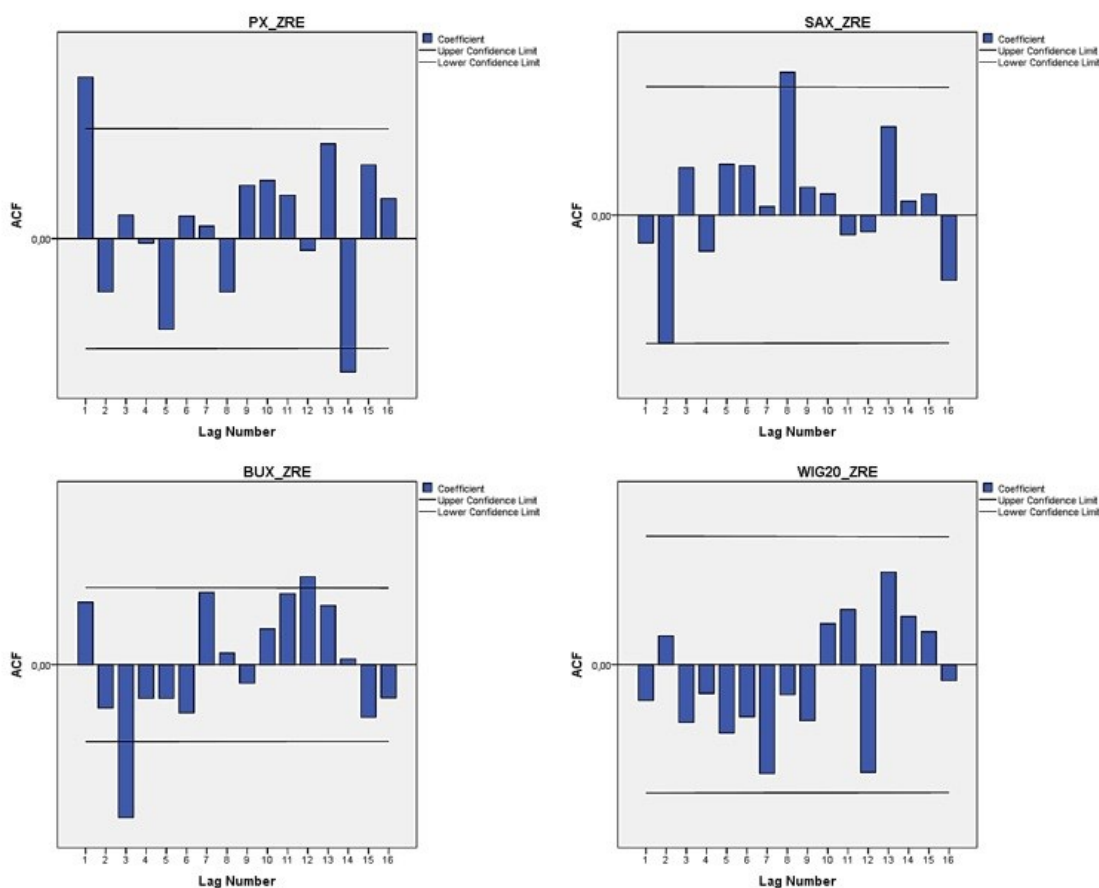
Autokorelační funkce (ACF) je velmi často využívaný nástroj pro stanovení výskytu autokorelace, a také pro ověření předpokladu nezávislosti. Tento test určuje sílu vztahu mezi hodnotou x_t a zpožděnými hodnotami x_{t-k} a je určen vztahem

$$ACF(k) = \frac{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x}) \cdot (x_{t-k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2} \text{ pro } k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (4.1)$$

kde N je délka časové řady, k je zpoždění a \bar{x} je střední hodnota.

Pro rychlou analýzu výskytu autokorelace se využívá tzv. korelogramu. Jedná se o grafické zobrazení autokorelační funkce. V tomto korelogramu jsou také zachyceny hranice kritického oboru. Pokud se daná korelace nachází mimo hranice kritického oboru, je možné konstatovat, že se v modelu nachází výrazná autokorelace.

Obr. 4.2 Autokorelační grafy reziduálních složek



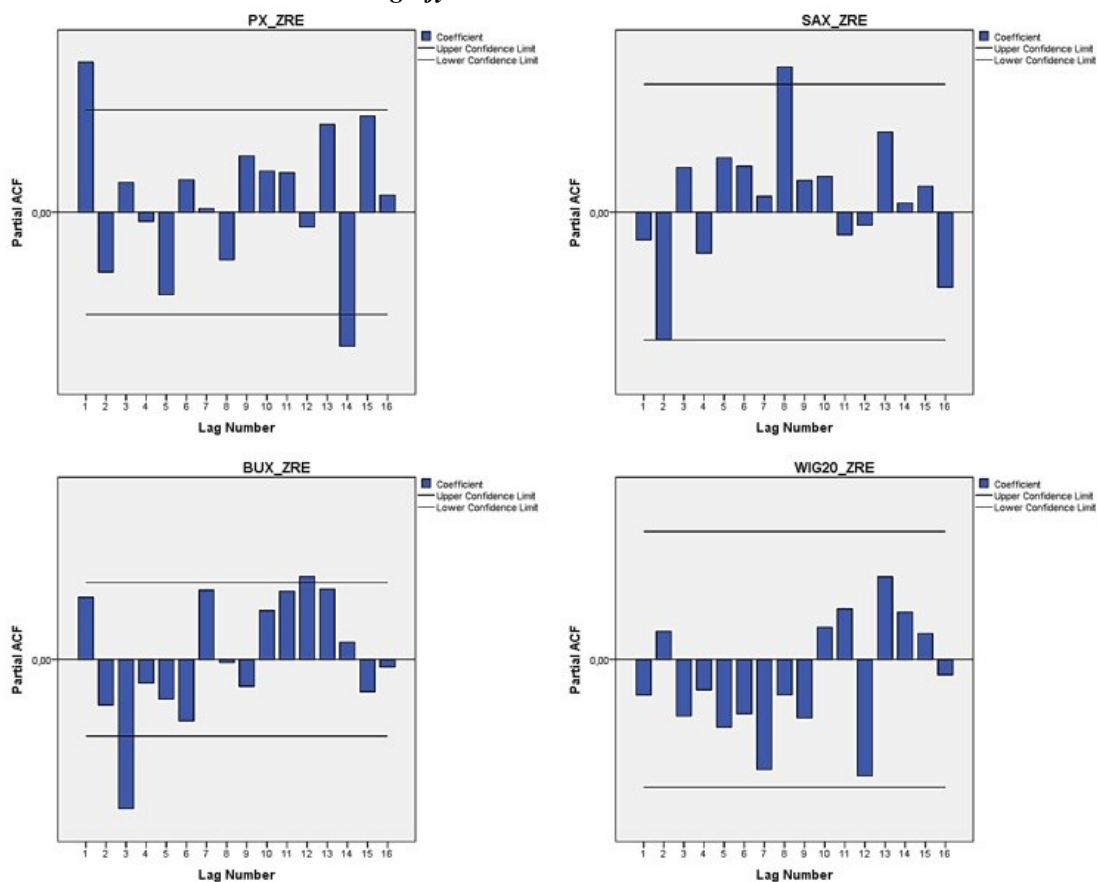
Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 4.2 zachycuje autokorelaci reziduální složky výnosů jednotlivých indexů. K autokorelaci dochází tehdy, převyšuje-li daný sloupec stanovenou hranici. Z grafu autokorelace rezidua indexu WIG20 vyplývá, že jediný tento index není zatížen jistou autokorelací. V případě reziduí indexu PX a SAX je patrná výraznější pozitivní autokorelace. V případě rezidua indexu BUX je možné pozorovat výraznou negativní autokorelace.

autokorelaci. Ve všech těchto třech případech se jedná o autokorelaci na hladině významnosti 5 %.

Parciální autokorelační funkce (PACF) slouží opět ke zkoumání nezávislosti reziduí. Korelace mezi dvěma veličinami je velice často způsobená tím, že tyto dvě veličiny korelují s veličinou třetí. Existující korelace mezi x_t a x_{t-k} je tedy z velké části zapříčiněna korelací s hodnotami x_{t-1} , x_{t-2} atd. Parciální autokorelační funkce podává informace o korelaci mezi sledovanými veličinami x_t a x_{t-k} očištěnou právě o vlivy hodnot ležících mezi nimi.

Obr. 4.3 Parciální autokorelační grafy reziduálních složek



Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 4.3 zachycuje parciální autokorelační grafy reziduální složky výnosů jednotlivých indexů. I z těchto grafů lze vyčíst, že reziduum není zatíženo autokorelací pouze v případě indexu WIG20. V případě rezidua indexu PX lze pozorovat autokorelaci prvního a čtrnáctého řádu. Reziduum výnosu indexu SAX vykazuje autokorelaci v osmém řádu. Silnou autokorelaci v třetím řádu a mírnou korelaci v řádu dvanáct je možné vidět u reziduální složky indexu BUX.

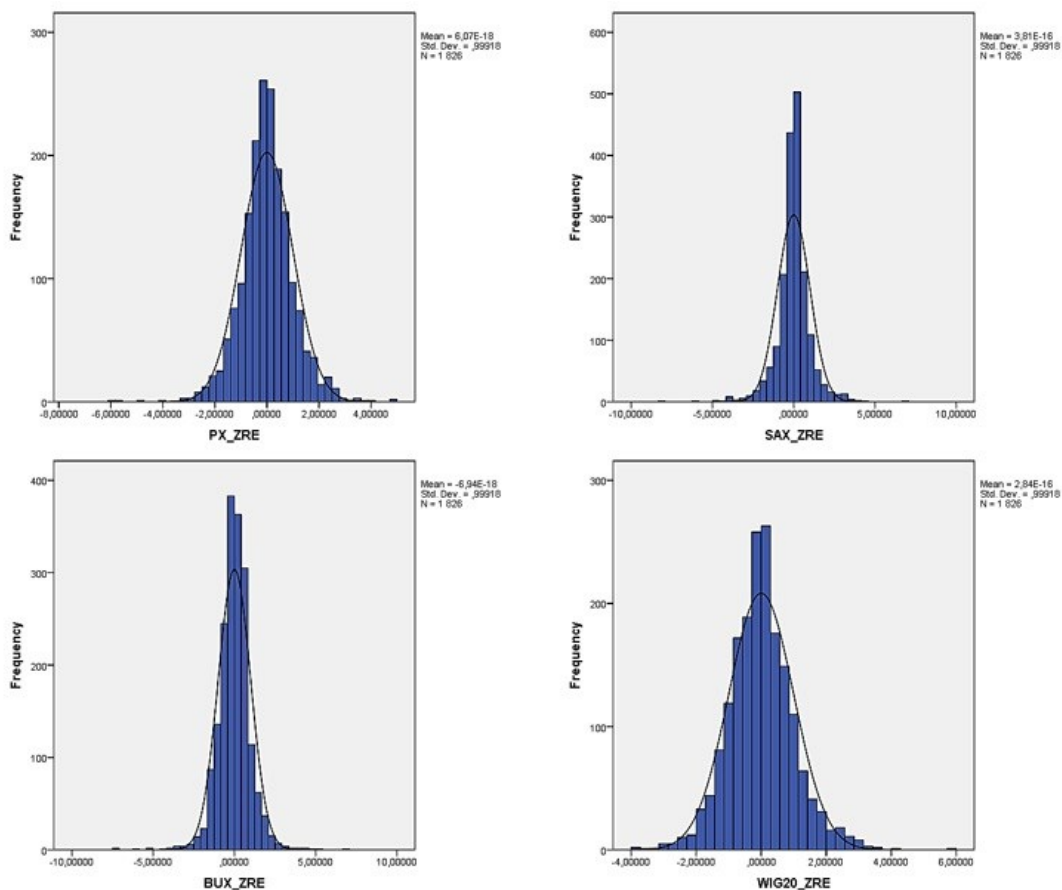
4.2.2. Testování normality

Další skupinou metod využívaných v této práci pro testování slabé formy efektivnosti trhů jsou nástroje pro testování normality reziduí. Mezi nejčastěji využívané metody se řadí **grafická analýza**, **Jarque-Bera test** nebo **Kolmogorov-Smirnovův test**.

Mají-li rezidua normální rozdělení, jejich střední hodnota se rovná 0 a rozptyl je roven 1. Čím blíže se rozložení reziduí blíží normálnímu rozdělení, tím více je možné potvrdit slabou formu efektivního trhu.

Následující obrázek zachycuje histogramy reziduí výnosů jednotlivých indexů.

Obr. 4.4 Histogramy reziduální složky výnosů



Zdroj: Vlastní zpracování

Pro statistické ověření normality reziduí je vypočten **Jarque-Bera test**. Tento test ověřuje, zdali odpovídá naměřená špičatost a šikmost teoretické špičatosti a šikmosti. Nejprve je stanoven nulová a alternativní hypotéza.

H_0 : rozdělení náhodné složky pochází z normálního rozdělení,

H_1 : rozdělení náhodné složky nepochází z normálního rozdělení.

Pro výpočet hodnoty Jarque-Bera testu je sestaven vzorec

$$\chi_{\text{vyp}}^2 = N \cdot \left[\frac{s^2}{6} + \frac{(k-3)^2}{24} \right], \quad (4.2)$$

kde N je počet pozorování, s je míra šikmosti a k je míra špičatosti.

Vypočtená hodnota Jarque-Bera testu se následně porovnává s kritickou hodnotou chí-kvadrát testu, vypočteného dle vzorce

$$\chi_{\alpha, df}^2 = \text{CHIINV}(\alpha = 0,05; df = 2). \quad (4.3)$$

Výsledné hodnoty Jarque-Bera testu jsou porovnány s kritickou hodnotou. Rozhodovací kritérium má následující tvar

$$\chi_{\text{vyp}}^2 < \chi_{\alpha, df}^2. \quad (4.4)$$

Je-li tato podmínka splněná, rozdělení reziduí pochází z normálního rozdělení a přijímá se tedy nulová hypotéza. Následující tabulka zachycuje výsledné hodnoty Jarque-Bera testu, kritickou hodnotu a také vyhodnocení testu.

Tab. 4.3 Výsledné hodnoty Jarque-Bera testu

	N	Skewness	Kurtosis	Jarque-Bera	Kritická hodnota	Vyhodnocení
PX ZRE	1826	-0,021	2,724	5,929935	5,991464547	ANO
SAX ZRE	1826	-0,405	7,052	1299,108004	5,991464547	NE
BUX ZRE	1826	-0,374	7,428	1534,349	5,991464547	NE
WIG20 ZRE	1826	0,303	1,565	184,6132	5,991464547	NE

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky je zřejmé, že normální rozdělení má pouze reziduum indexu PX. Tento výsledek je již patrný z hodnoty šikmosti (skewness), jelikož hodnota pro normální rozdělení je 0. Naměřené hodnoty v případě indexu PX se těmito hodnotám pro normální rozdělení velice přibližují. V případě indexu SAX a BUX jsou naměřené hodnoty šikmosti záporné, pohybující se okolo hodnoty -0,4. Tato záporná šikmost značí, že vlevo od

průměru se vyskytují odlehlejší hodnoty, nežli je tomu vpravo. V případě rezidua indexu WIG20 je tomu právě naopak, tedy kladná hodnota šikmosti značí vyšší koncentraci odlehlých hodnot vpravo nežli vlevo.

Pro další statistické ověření je využit **Kolmogorov-Smirnovův test**, který je založen na porovnání empirické a teoretické distribuční funkce. Prvním krokem je stanovení hypotéz.

H_0 : distribuční funkce rozdělení náhodného výběru odpovídá teoretické distribuční funkci očekávaného rozdělení,

H_1 : distribuční funkce rozdělení náhodného výběru neodpovídá teoretické distribuční funkci očekávaného rozdělení.

V následující tabulce je zachycena nejvyšší odchylka (D) v absolutní hodnotě.

Tab. 4.4 Kolmogorov-Smirnovův test

		PX_ZRE	SAX_ZRE	BUX_ZRE	WIG20_ZRE
N		1826	1826	1826	1826
Normal Parameters^{a,b}	Mean	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Std. Deviation	0,99917774	0,99917774	0,99917774	0,99917774
Most Extreme Differences	Absolute	0,044	0,109	0,068	0,044
	Positive	0,043	0,102	0,068	0,044
	Negative	-0,044	-0,109	-0,059	-0,027
Test Statistic		0,044	0,109	0,068	0,044
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,000 ^c	0,000 ^c	0,000 ^c	0,000 ^c

Zdroj: Vlastní zpracování

Hodnota Kolmogorov-Smirnova testu je stanovena dle vzorce

$$KS_{\text{vyp}} = \sqrt{N} \cdot D, \quad (4.5)$$

kde N je počet pozorování a D je nejvyšší absolutní odchylka.

Tab. 4.5 zachycuje výsledné hodnoty Kolmogorov-Smirnova testu. Výsledek testovací statistiky je porovnáván s očekávanou testovací statistikou ve výši 1,96.

Tab. 4.5 Výsledné hodnoty Kolmogorov-Smirnova testu

	Hodnota K-S testu	Kritická hodnota	Vyhodnocení
PX_ZRE	1,880195734	1,96	ANO
SAX_ZRE	4,657757615	1,96	NE
BUX_ZRE	2,905757	1,96	NE
WIG20_ZRE	1,880196	1,96	ANO

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků Kolmogorov-Smirnova testu je patrné, že v případě indexů PX a WIG20 jsou výsledné hodnoty nižší, než je kritická hodnota. Je tedy přijata nulová hypotéza a zamítnuta alternativní hypotéza. Rezidua tedy pochází z normálního rozdělení. V případě indexů SAX a BUX jsou výsledné hodnoty Kolmogorov-Smirnova testu vyšší, než je kritická hodnota. Nulová hypotéza je v těchto případech zamítnuta, a tedy tato rezidua nepochází z normálního rozdělení.

4.2.3. Runs test

Tento neparametrický test slouží pro vyhodnocení pohybu reziduální složky. Bude-li pohyb rezidua náhodný, pak není možné, aby investoři dosáhli nadprůměrného výnosu, neboť reziduum neobsahuje žádnou dodatečnou informaci.

Tento test počítá jednotlivé iterace nad a pod mediánem. Je nezbytné opět stanovit nulovou a alternativní hypotézu.

H_0 : pohyb reziduální složky je náhodný,

H_1 : pohyb reziduální složky není náhodný.

Jelikož je test prováděn na 5% hladině významnosti, je výsledná p-value porovnána právě s hodnotou 0,05. Dosahuje-li výsledná p-value vyšší hodnoty než 0,05, pak je přijímána nulová hypotéza. Pohyb reziduální složky je tedy náhodný. Jeli p-value nižší než 0,05, pak je nulová hypotéza zamítnuta a přijímá se hypotéza alternativní. Tab. 4.6 zachycuje výsledné hodnoty Runs testu.

Tab. 4.6 Runs test v období 1996-2002

	PX ZRE	SAX ZRE	BUX ZRE	WIG20 ZRE
Test Value (median)	-0,01424	0,00418	0,00595	-0,02112
Cases < Test Value	913	890	913	913
Cases >= Test Value	913	936	913	913
Total Cases	1826	1826	1826	1826
Number of Runs	851	934	902	888
Z	-2,949	0,964	-,562	-1,217
p-value	0,003	0,335	0,574	0,224

Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky je zřejmé, že p-value v případě indexu PX dosahuje jako jediná nižší hodnoty než 0,05. Nulová hypotéza je v tomto případě zamítnuta a pohyb reziduální složky není v případě tohoto indexu náhodný. Ve zbylých případech je p-value vyšší než 0,05 a je tedy přijata nulová hypotéza. Výsledky Runs testu pro toto období jsou přehledně shrnuty v následující tabulce.

Tab. 4.7 Výsledné hodnoty Runs testu

	N	P_value	Kritická hodnota	Vyhodnocení
PX_ZRE	1826	0,003	0,05	NE
SAX_ZRE	1826	0,335	0,05	ANO
BUX_ZRE	1826	0,574	0,05	ANO
WIG20_ZRE	1826	0,224	0,05	ANO

Zdroj: Vlastní zpracování

V Tab. 4.7 jsou uvedeny hodnoty p-value a také kritická hodnota. Index PX nevykazuje u reziduí náhodný průběh, proto je nulová hypotéza zamítnuta. Indexy SAX, BUX a WIG20 vykazují u svých reziduí náhodný průběh, nulová hypotéza je tedy přijata.

Z výsledků testů pro toto období vyplývá, že normalita dat byla potvrzena pouze v případě indexu PX. Kolmogorov-Smirnovým testem byla potvrzena také normalita dat u indexu WIG20, avšak Jarque-Bera test normalitu nepotvrdil. Autokorelace byla přítomna u indexů PX, SAX a BUX a pouze index WIG20 nebyl autokorelací zatížen. Runs test potvrdil náhodný průběh reziduí u indexů SAX, BUX a WIG20. Z těchto závěrů není možné potvrdit slabou formu efektivnosti na žádném sledovaném akciovém trhu.

4.3. Testování slabé formy efektivnosti v období 2003-2009

Druhým testovaným celkem je období od 2. ledna 2003 do 30. prosince 2009. Jedná se o období zatížené celosvětovou krizí. Testování slabé formy efektivnosti je prováděno pomocí stejných metod, jako tomu bylo v případě předchozího období. Jedná se o testy autokorelace, normality a také Runs test.

Následující tabulka zachycuje základní charakteristiku výnosů za sledované období.

Tab. 4.8 Základní charakteristika indexů v letech 2003-2009

Charakteristika	Index PX	Index SAX	Index BUX	Index WIG20
Počet pozorování	1 826	1 826	1 826	1 826
Směrodatná odchylka	0,016179	0,010994	0,017045	0,016456
Průměr	0,000485	0,000354	0,000548	0,000383
Medián	0,000702	0,000000	0,000282	0,000000
Max	0,123641	0,118803	0,131769	0,0815480
Min	-0,161855	-0,095775	-0,126489	-0,084428
Šikmost	-0,645	-0,332	-0,188	-0,207
Špičatost	15,690	16,792	7,203	2,585

Zdroj: Vlastní zpracování

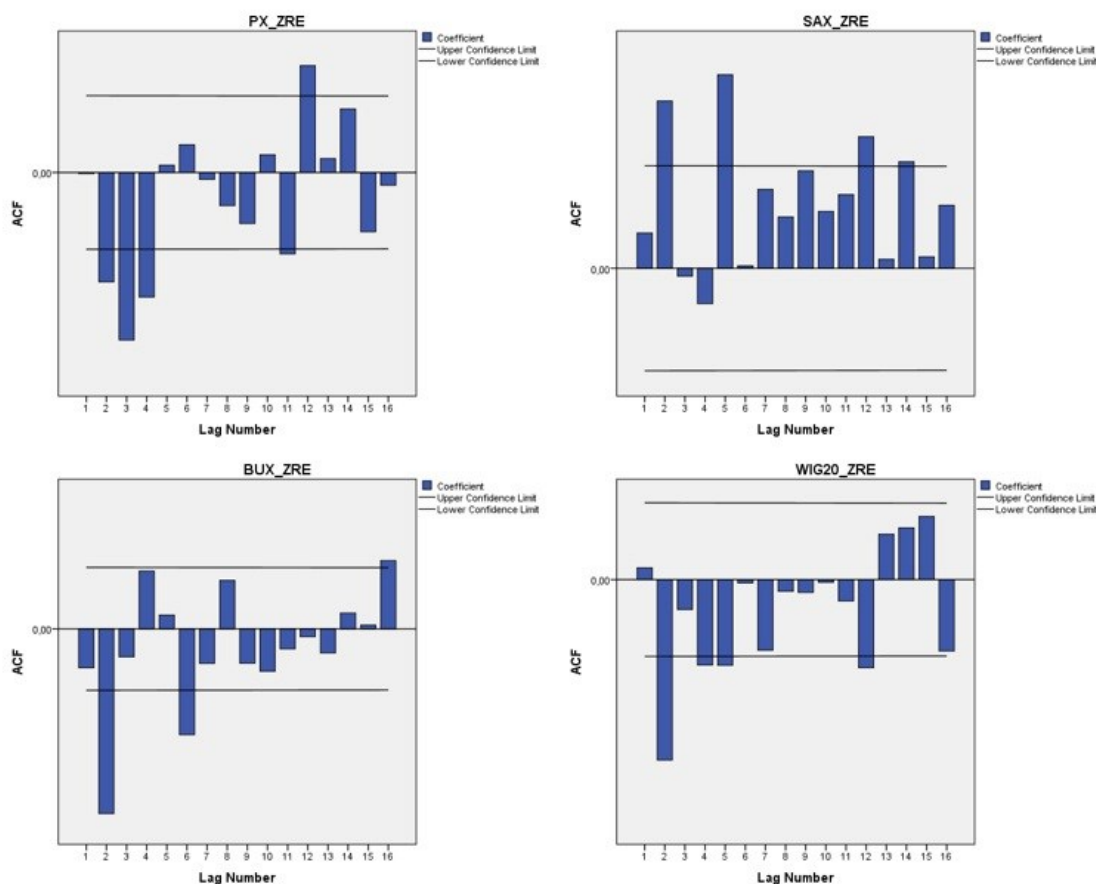
Z tabulky je zřejmé, že počet pozorování je v tomto období totožný jako v předchozím sledovaném období. Naměřená špičatost je opět u všech indexů záporná. Nejvyšší záporné špičatosti dosahuje index PX s hodnotou -0,645, naopak nejnižší naměřenou špičatost má v tomto období index BUX. Velmi vysoké špičatosti dosahují index PX a SAX, kdy hodnoty tohoto ukazatele přesahují hodnotu 15. Velice nízké špičatosti naopak dosahuje index WIG20.

4.3.1. Testování autokorelace

Pro testování autokorelace v tomto období je využito opět autokorelační funkce a také parciální autokorelační funkce.

Pro rychlou analýzu přítomnosti autokorelace reziduálních složek jednotlivých výnosů jsou vykresleny grafy **autokorelační funkce**, zachycené v Obr. 4.5.

Obr. 4.5 Autokorelační grafy reziduálních složek

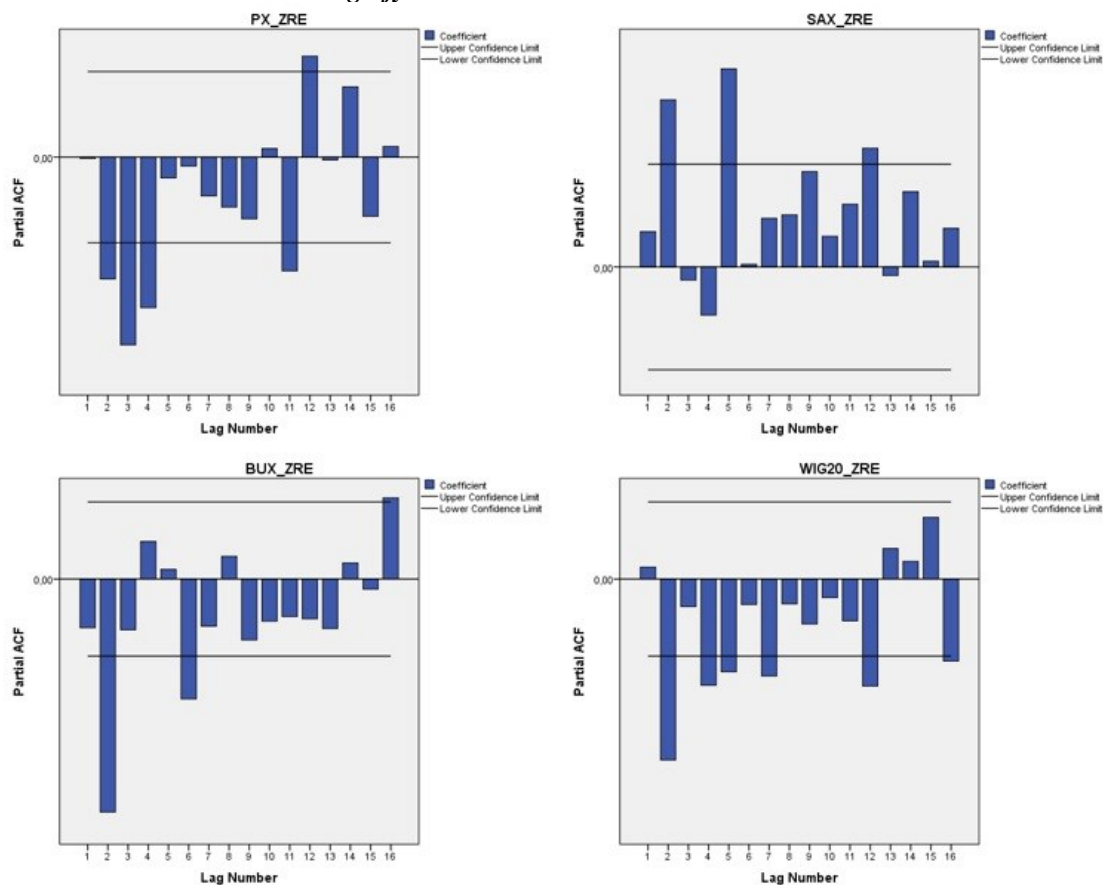


Zdroj: Vlastní zpracování

Obr. 4.5 zachycuje autokorelaci reziduální složky ve druhém sledovaném období. Reziduální složka výnosu indexu SAX vykazuje silnou pozitivní korelaci. Zbývající grafy autokorelací reziduálních složek vykazují výraznou negativní korelaci. V případě rezidua indexu PX lze pozorovat také pozitivní autokorelaci.

Parciální autokorelační funkce zachycuje následující obrázek. Z grafů parciální autokorelační funkce je zřejmé, že autokorelací jsou zatíženy všechny indexy. U indexu SAX je patrná pozitivní autokorelace ve druhém, čtvrtém a dvanáctém řádu. Index WIG20 vykazuje pouze negativní autokorelaci ve druhém, čtvrtém, pátém, sedmém, dvanáctém a také šestnáctém řádu. Indexy PX a BUX vykazují pozitivní i negativní autokorelaci.

Obr. 4.6 Parciální autokorelační grafy reziduálních složek



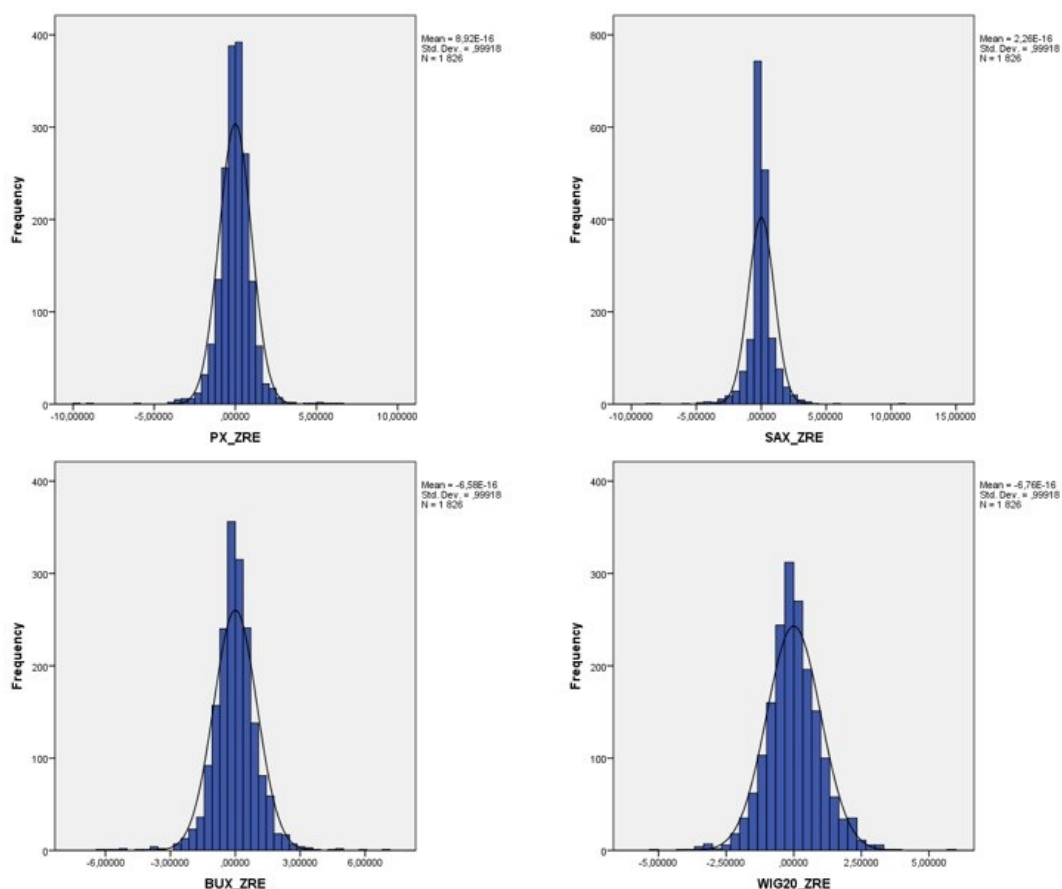
Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.2. Testování normality

Pro testování normality reziduí jsou opět využity metody grafické analýzy v podobě histogramů, Jarque-Bera test a pro ověření výsledků také Kolmogorov-Smirnovův test.

Následující obrázek zachycuje histogramy reziduální složky výnosů.

Obr. 4.7 Histogramy reziduálních složek



Zdroj: Vlastní zpracování

Na Obr. 4.7 jsou zachyceny histogramy reziduí jednotlivých indexů. Je zde jasně patrná vysoká špičatost v případě indexů PX, SAX a BUX. Hodnocení šikmosti je zde relativně obtížné, avšak jsou patrné vzdálené hodnoty opět u indexů PX, SAX a BUX. Je možné předpokládat vychýlení vlevo, tedy mírně zápornou šikmost.

Normalita reziduí je dále statisticky ověřována pomocí **Jarque-Bera testu**. Výsledné hodnoty jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tab. 4.9 Výsledky Jarque-Bera testu

	N	Skewness	Kurtosis	Jarque-Bera	Kritická hodnota	Vyhodnocení
PX_ZRE	1826	-0,642	12,873	7 541,744	5,991464547	NE
SAX_ZRE	1826	-0,307	16,809	14 536,989	5,991464547	NE
BUX_ZRE	1826	-0,053	5,774	586,322	5,991464547	NE
WIG20_ZRE	1826	0,079	1,949	85,941	5,991464547	NE

Zdroj: Vlastní zpracování

Porovnáním vypočtených hodnot Jarque-Bera testu s kritickou hodnotou je možné konstatovat, že ani v jednom případě rezidua nemají normální rozdělení. Pro ověření těchto výpočtu je proveden také **Kolmogorov-Smirnovův test**.

Tab. 4.10 Kolmogorov-Smirnovův test

		PX_ZRE	SAX_ZRE	BUX_ZRE	WIG20_ZRE
N		1826	1826	1826	1826
Normal Parameters^{a,b}	Mean	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Std. Deviation	0,99917774	0,99917774	0,99917774	0,99917774
Most Extreme Differences	Absolute	0,069	0,172	0,060	0,047
	Positive	0,067	0,139	0,060	0,047
	Negative	-0,069	-0,172	-0,056	-0,036
Test Statistic		0,069	0,172	0,060	0,047
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,000 ^c	0,000 ^c	0,000 ^c	0,000 ^c

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 4.10 zachycuje opět nejvyšší odchylku (D) v absolutní hodnotě. Pro výpočet výsledných hodnot Kolmogorov-Smirnova testu je využit vzorec (4.5). Postup výpočtu je analogický s výpočtem v předchozím zkoumaném období. Výsledné hodnoty, včetně vyhodnocení, zachycuje následující tabulka.

Tab. 4.11 Výsledné hodnoty Kolmogorov-Smirnova testu

	Hodnota K-S testu	Kritická hodnota	Vyhodnocení
PX_ZRE	2,948489	1,96	NE
SAX_ZRE	7,349856	1,96	NE
BUX_ZRE	2,563903	1,96	NE
WIG20_ZRE	2,008391	1,96	NE

Zdroj: Vlastní zpracování

Z Tab. 4.11 je jasné patrné, že žádné rezidua výnosů daných indexů nepochází z normálního rozdělení. Pomocí tohoto testu tedy došlo k verifikaci Jarque-Bera testu. Nulová hypotéza je tedy zamítnuta ve všech čtyřech případech, a je možné vyvodit závěr, že data nemají normální rozdělení.

4.3.3. Runs test

Testování náhodného pohybu reziduální složky probíhá i v tomto časovém období analogicky s předchozím obdobím. Nulová hypotéza tedy předpokládá, že reziduální složka má náhodný průběh. Výsledná P-value je porovnána s hodnotou 0,05. Jeli p-value vyšší než

0,05, je nulová hypotéza přijata. Následující tabulka zachycuje výsledné hodnoty Runs testu.

Tab. 4.12 Runs test v období 2003-2009

	PX ZRE	SAX ZRE	BUX ZRE	WIG20 ZRE
Test Value^(medián)	0,00277	-0,02442	-0,01713	-0,01063
Cases < Test Value	913	913	890	913
Cases >= Test Value	913	913	936	913
Total Cases	1826	1826	1826	1826
Number of Runs	893	909	896	910
Z	-0,983	-0,234	-0,816	-0,187
p-value	0,326	0,815	0,414	0,851

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků je patrné, že u sledovaných indexů je vykázána p-value vyšší než hranice 0,05. Je tedy možné konstatovat, že ve všech případech má reziduální složka náhodný průběh. V Tab. 4.13 jsou pro přehlednost zachyceny dosažené výsledky včetně vyhodnocení daného testu.

Tab. 4.13 Výsledné hodnoty Runs testu

	N	p-value	Kritická hodnota	Vyhodnocení
PX ZRE	1 826	0,326	0,05	ANO
SAX ZRE	1 826	0,815	0,05	ANO
BUX ZRE	1 826	0,414	0,05	ANO
WIG20 ZRE	1 826	0,851	0,05	ANO

Zdroj: Vlastní zpracování

V Tab. 4.13 jsou uvedeny hodnoty p-value a také kritická hodnota 0,05. U všech sledovaných indexů mají rezidua náhodný průběh. Nulová hypotéza o náhodném průběhu rezidua je tedy přijata.

Z výsledků testů pro druhé období vyplývá, že normalita dat nebyla potvrzena u žádných indexů. Zatížení autokorelací je možné pozorovat rovněž u všech testovaných indexů. Výsledky Runs testů potvrdily náhodný průběh reziduí u všech čtyř indexů. Z těchto závěrů není možné potvrdit slabou formu efektivnosti na žádném sledovaném akciovém trhu.

4.4. Testování slabé formy efektivnosti v období 2010-2016

Posledním testovaným celkem je období od počátku roku 2010 do konce roku 2016. Toto období lze charakterizovat jako období, které bylo ovlivněno důsledky finanční a také dluhové krize. I poslední sledované období je nejprve představeno základní charakteristikou výnosů jednotlivých indexů zachycené v Tab. 4.14.

Tab. 4.14 Základní charakteristika indexů v letech 2010-2016

Charakteristika	Index PX	Index SAX	Index BUX	Index WIG20
Počet pozorování	1 825	1 825	1 825	1 825
Směrodatná odchylka	0,010858	0,011624	0,012881	0,011673
Průměr	-0,000106	0,000097	0,000225	-0,000112
Medián	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Max	0,072487	0,091178	0,106741	0,050631
Min	-0,061346	-0,148101	-0,069842	-0,075431
Šikmost	-0,353	-1,615	-0,011	-0,451
Špičatost	3,760	22,755	5,104	3,314

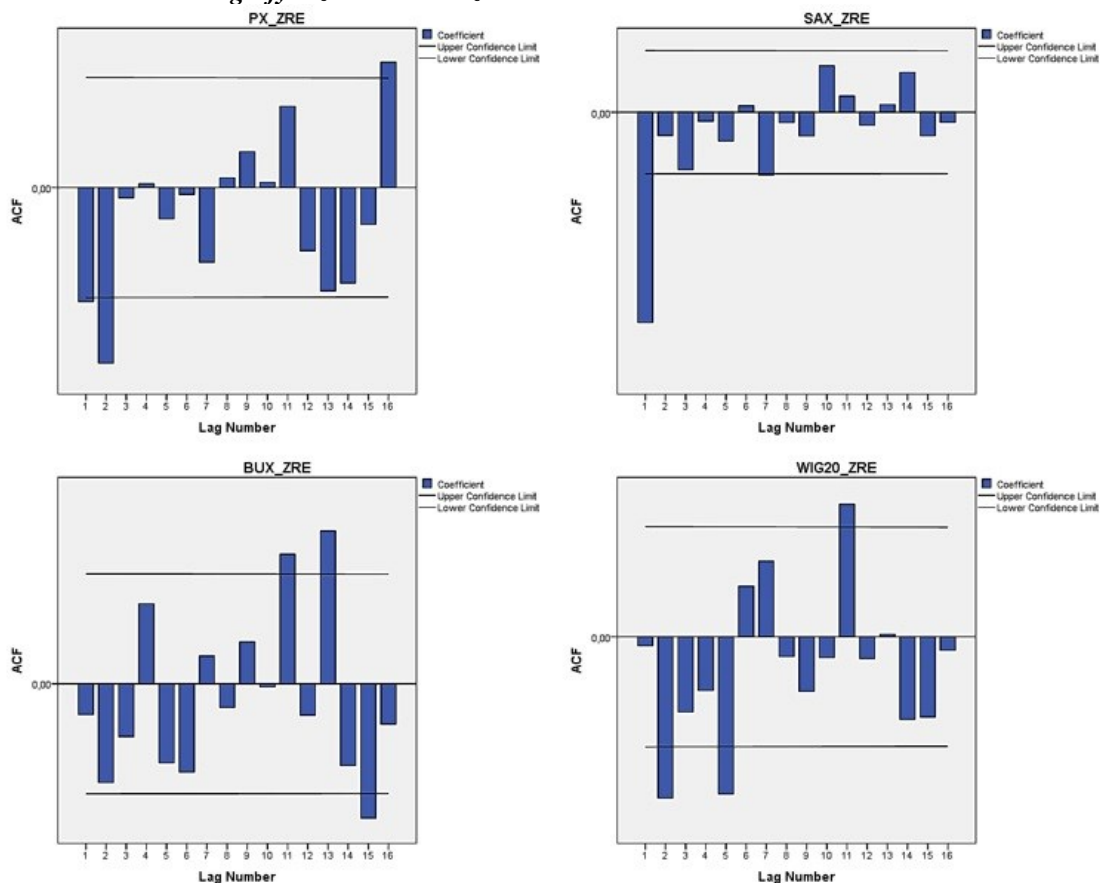
Zdroj: Vlastní zpracování

Počet pozorování, jak dokládá výše uvedená tabulka, je totožný pro všechny zkoumané indexy. Naměřená šikmost je opět ve všech případech záporná, tedy že nízké a záporné hodnoty se zde objevují častěji než v normálním rozdělení. Nejvyššího vychýlení v hodnotách šikmosti i špičatosti dosahuje index SAX.

4.4.1. Testování autokorelace

Také poslední zkoumané období je podrobeno testům autokorelace. Výsledné grafy **autokorelační funkce** zachycuje následující Obr. 4.8.

Obr. 4.8 Autokorelační grafy reziduálních složek

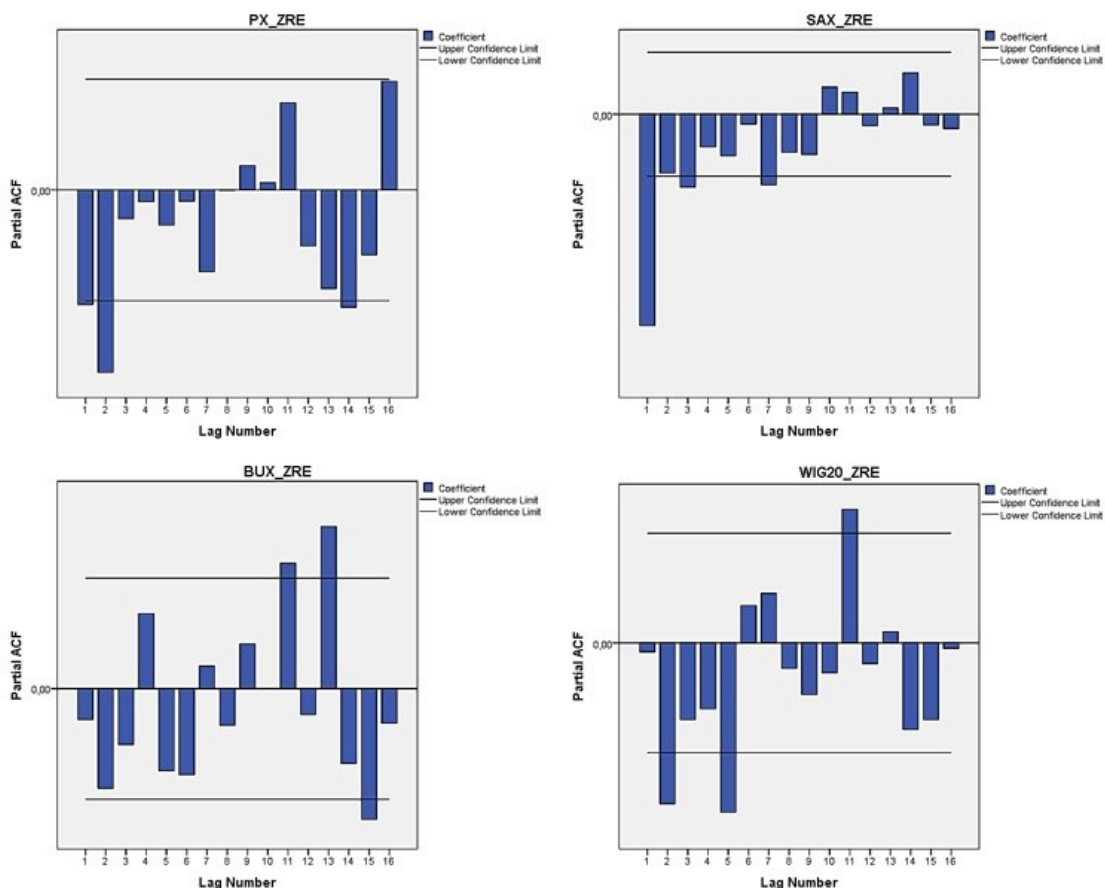


Zdroj: Vlastní zpracování

I v posledním sledovaném časovém úseku, jak dokládá Obr. 4.8, je patrný výskyt autokorelace u všech sledovaných reziduí jednotlivých indexů. Reziduální složka výnosů indexu PX vykazuje výraznou negativní korelaci v druhém řádu a mírnější pozitivní korelaci v šestnáctém řádu. Reziduum v případě indexu SAX vykazuje pouze silnou negativní korelaci v prvním řádu. Také reziduální složky výnosů indexu BUX a WIG20 jsou zatížené autokorelací.

Pro otestování nezávislosti reziduí, bez vlivu veličin ležících mezi testovanými hodnotami, je využita parciální autokorelační funkce. Výsledné grafy jsou zachyceny v Obr. 4.9.

Obr. 4.9 Parciální autokorelační grafy reziduálních složek



Zdroj: Vlastní zpracování

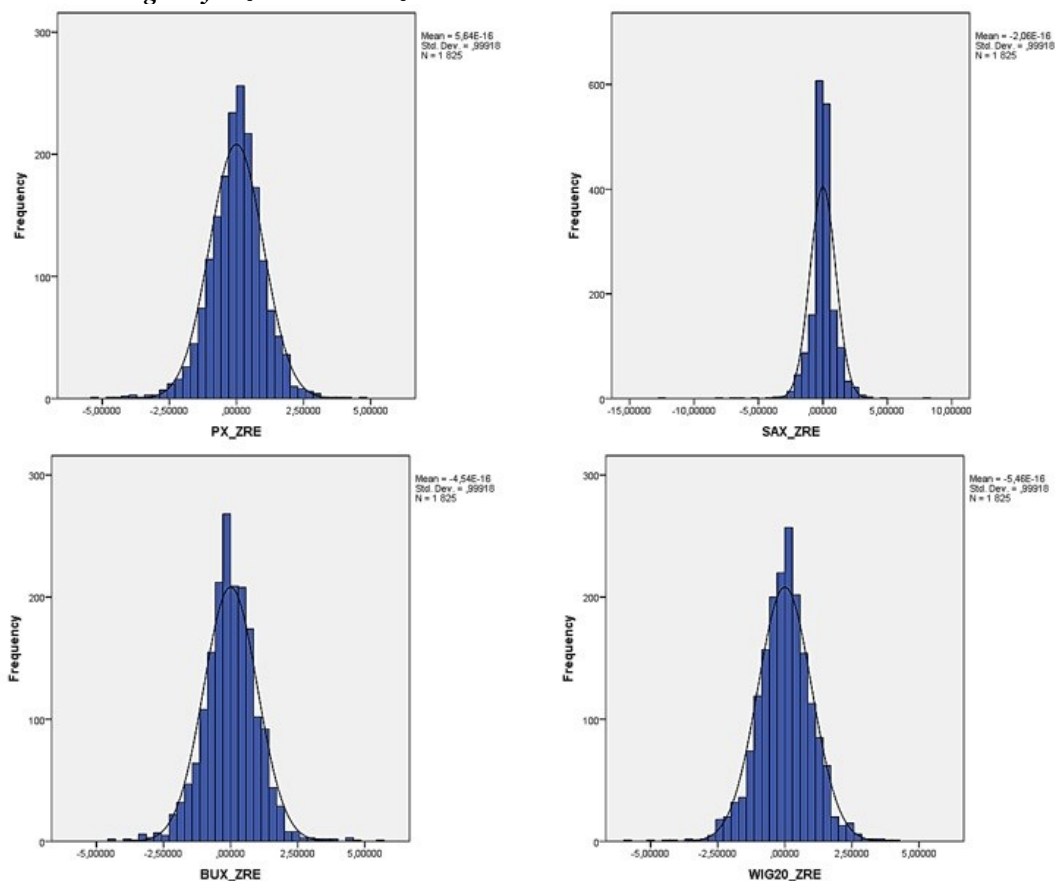
I výsledky parciální autokorelační funkce dokládají výskyt autokorelace u všech testovaných indexů. V případě standardizovaných reziduí indexu PX a SAX je patrná výrazná negativní autokorelace. Indexy BUX a WIG20 vykazují jak negativní, tak také pozitivní autokorelaci.

4.4.2. Testování normality

Pro testování normality je v posledním sledovaném časovém úseku opět využito grafického zobrazení v podobě histogramu, Jarque-Bera test a pro statistickou verifikaci taktéž Kolmogorov-Smirnovův test.

Grafické zobrazení v podobě histogramů zachycuje Obr. 4.10, ve kterém lze pozorovat velmi vysokou špičatost u indexu SAX, a také vyšší špičatosti u zbylých indexů PX, BUX a WIG20. Šikmost v případě indexu SAX je taktéž velice výrazná. Je možné pozorovat extrémně odlehlé hodnoty. Taktéž je relativně vysoká šikmost patrná u indexu PX a BUX.

Obr. 4.10 Histogramy reziduálních složek



Zdroj: Vlastní zpracování

Výpočet **Jarque-Bera testu** je zde analogický jako v předchozích případech. Nejprve je tedy stanovena nulová a alternativní hypotéza.

H_0 : rozdělení náhodné složky pochází z normálního rozdělení,

H_1 : rozdělení náhodné složky nepochází z normálního rozdělení.

Pro výpočet hodnot je využit vzorec (4.2) a výsledné hodnoty, včetně porovnání s kritickou hodnotou, stanovenou dle vzorce (4.3), jsou zahrnuty v následující tabulce.

Tab. 4.15 Výsledky Jarque-Bera testu

	N	Skewness	Kurtosis	Jarque-Bera	Kritická hodnota	Vyhodnocení
PX_ZRE	1825	-0,288	2,084	89,032917	5,991464547	NE
SAX_ZRE	1825	-1,600	22,586	29 949,11657	5,991464547	NE
BUX_ZRE	1825	0,050	2,346	33,284654	5,991464547	NE
WIG20_ZRE	1825	-0,196	1,742	132,025671	5,991464547	NE

Zdroj: Vlastní zpracování

Z Tab. 4.15 je zjevné, že ani v jednom případě nepochází rezidua z normálního rozdělení. Nulová hypotéza je tedy zamítnuta pro všechny indexy. Dosažené výsledky potvrzují závěry učiněné z histogramů. V případě indexu SAX byla jasně patrná výrazná špičatost i šikmost. Hodnota Jarque-Bera testu je tedy extrémně vysoká. Pro verifikaci dosažených výsledků tedy následuje Kolmogorov-Smirnovův test.

Výpočet je i zde analogický, jako ve výše zkoumaných obdobích. Z Tab. 4.16 jsou získány absolutní odchylky (D).

Tab. 4.16 Kolmogorov-Smirnovův test

		PX_ZRE	SAX_ZRE	BUX_ZRE	WIG20_ZRE
N		1 825	1 825	1 825	1 825
Normal Parameters^{a,b}	Mean	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
	Std. Deviation	0,99917729	0,99917729	0,99917729	0,99917729
Most Extreme Differences	Absolute	0,041	0,139	0,038	0,035
	Positive	0,032	0,124	0,031	0,026
	Negative	-0,041	-0,139	-0,038	-0,035
Test Statistic		0,041	0,139	0,038	0,035
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,000 ^c	0,000 ^c	0,000 ^c	0,000 ^c

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí vzorce (4.5) jsou dopočteny výsledné hodnoty K-S testu. Dosažené výsledky zachycuje následující tabulka.

Tab. 4.17 Výsledné hodnoty Kolmogorov-Smirnova testu

	Hodnota K-S testu	Kritická hodnota	Vyhodnocení
PX_ZRE	1,751521	1,96	ANO
SAX_ZRE	5,938083	1,96	NE
BUX_ZRE	1,623361	1,96	ANO
WIG20_ZRE	1,495201	1,96	ANO

Zdroj: Vlastní zpracování

Z Tab. 4.17 je patrné naprosto rozdílné vyhodnocení normality dat v případě indexů PX, BUX a WIG20. Neshoda s Jarque-Bera testem je způsobena rozdílnými parametry pro posouzení normality dat. Jelikož však závěry grafické analýzy byly potvrzeny právě Jarque-Bera testem, nebude na výsledky Kolmogorov-Smirnova testu nahlíženo.

4.4.3. Runs test

Posledním testem celé čtvrté kapitoly je neparametrický Runs test pro období 2010 až 2016. I zde jsou výsledné hodnoty P-value porovnány s hladinou významnosti 5 %. Jeli P-value vyšší než tato hodnota, bude nulová hypotéza přijata. Rezidua v tomto případě vykazují náhodný průběh. V Tab. 4. 18 jsou zachyceny výsledné hodnoty tohoto testu.

Tab. 4.18 Runs test

	PX_ZRE	SAX_ZRE	BUX_ZRE	WIG20_ZRE
Test Value ^(medián)	0,01528	-0,00314	-0,02264	0,01550
Cases < Test Value	889	912	912	906
Cases >= Test Value	936	913	913	919
Total Cases	1825	1825	1825	1825
Number of Runs	943	994	881	922
Z	1,411	3,770	-1,522	0,400
p-value	0,158	0,000	0,128	0,689

Zdroj: Vlastní zpracování

Při porovnání p-value s hodnotou 0,05 je možné konstatovat, že v případě indexu SAX, kdy je p-value rovno nule, se zamítá nulová hypotéza. V tomto případě není pohyb reziduí náhodný. U indexů PX, BUX a WIG je p-value vyšší než hodnota 0,05, tedy nulová hypotéza o náhodném pohybu reziduí je přijata. Výsledky, včetně vyhodnocení, jsou opět shrnuty v následující tabulce.

Tab. 4.19 Výsledné hodnoty Runs testu v období 2010-2016

	N	p-value	Kritická hodnota	Vyhodnocení
PX_ZRE	1 825	0,158	0,05	ANO
SAX_ZRE	1 825	0,000	0,05	NE
BUX_ZRE	1 825	0,128	0,05	ANO
WIG20_ZRE	1 825	0,689	0,05	ANO

Zdroj: Vlastní zpracování

V Tab. 4.19 jsou uvedeny hodnoty p-value a také kritická hodnota. Index SAX nevykazuje u reziduí náhodný průběh, proto je nulová hypotéza zamítnuta. Indexy PX, BUX a WIG20 vykazují u svých reziduí náhodný průběh, nulová hypotéza je tedy přijata.

Z výsledků testů pro poslední sledované období vyplývá, že normalita dat, testovaná pomocí Jarque-Bera testu, nebyla potvrzena u žádného indexu. Kolmogorov-Smirnovův test naopak potvrdil normalitu reziduí u indexu PX, BUX a WIG20. Zatížení autokorelací je

možné sledovat u všech testovaných indexů. Výsledky Runs testů potvrdily náhodný průběh reziduí u indexu PX, BUX a WIG20. Z těchto závěrů není možné potvrdit slabou formu efektivnosti na žádném sledovaném akciovém trhu.

4.5. Analýza výsledků

Poslední subkapitola je zaměřena na vyhodnocení všech dosažených výsledků za jednotlivá sledovaná období. Následující tabulky tedy zachycují výsledky testů normality – Jarque-Bera a Kolmogorov-Smirnovův test, testy autokorelace – ACF a PACF a také Runs test za dané období.

Tab. 4.20 Analýza výsledků v období 1996-2002

	Normalita		Autokorelace		Runs test
	Jarque-Beta	K-S test	ACF	PACF	
PX	ANO	ANO	ANO	ANO	NE
SAX	NE	NE	ANO	ANO	ANO
BUX	NE	NE	ANO	ANO	ANO
WIG20	NE	ANO	NE	NE	ANO

Zdroj: Vlastní zpracování

Tab. 4.20 zachycuje výsledky testů za období 1996-2002. Z výsledků testů normality vyplývá, že v případě slovenského indexu SAX a maďarského indexu BUX nebyla potvrzena ani jedním testem normalita reziduí. Tato standardizovaná rezidua tedy nepocházejí z normálního rozdělení. V případě indexu WIG20 je normalita potvrzena Kolmogorov-Smirnovým testem, avšak vyvrácená Jarque-Bera testem. Tyto testy posuzují normalitu dat na základě rozdílných vstupních parametrů. V tomto případě je vyvození jasných závěrů o normalitě dat obtížné. Z výsledků testů přítomnosti autokorelace je u indexů PX, SAX a BUX jasně potvrzena přítomnost autokorelace. Ani provedení PACF testu, tedy očištění o vliv hodnot ležících mezi testovanými hodnotami tento výsledek nezvrátil. V případě indexu WIG20 je přítomnost autokorelace vyvrácená. Jako velice pozitivní se jeví výsledky Runs testů. Pouze u indexu PX tento test vyšel negativně, tedy pohyb reziduální složky není náhodný.

Z výsledků je možné vyvodit závěr, že za sledované období od roku 1996 do roku 2002 ani jeden z indexů nesplňuje předpoklady pro jasné konstatování slabé formy efektivnosti. Nejlépe v tomto období vychází index WIG20, jelikož až na Jarque-Bera test

normality vyšly ostatní testy ve prospěch slabé formy efektivnosti. U zbylých indexů, tedy PX, SAX a BUX je možné pozorovat pouze náznaky slabé formy efektivnosti.

Tab. 4.21 zahrnuje dosažené výsledky v období od roku 2003 do roku 2009.

Tab. 4.21 Analýza výsledků v období 2003-2009

	Normalita		Autokorelace		Runs test
	Jarque-Beta	K-S test	ACF	PACF	
PX	NE	NE	ANO	ANO	ANO
SAX	NE	NE	ANO	ANO	ANO
BUX	NE	NE	ANO	ANO	ANO
WIG20	NE	NE	ANO	ANO	ANO

Zdroj: Vlastní zpracování

Sledované období bylo významně zasažené celosvětovou finanční krizí. Výsledky jednotlivých testů tedy dopadly dle očekávání v neprospěch slabé formy efektivnosti. Oproti předchozímu sledovanému období testy normality dopadly u všech indexů negativně, tedy rezidua nepochází z normálního rozdělení. Také výskyt autokorelace byla potvrzena u všech sledovaných indexů. Naopak pozitivní výsledky dokládá Runs test rovněž u všech indexů. Není možné naprosto vyvrátit slabou formu efektivnosti, jelikož rezidua vykazují náhodný průběh. Tento fakt však zároveň není dostačující pro potvrzení slabé formy efektivnosti.

Poslední sledované období, tedy od roku 2010 do roku 2016, je shrnuto v Tab. 4. 22.

Tab. 4.22 Analýza výsledků v období 2010-2016

	Normalita		Autokorelace		Runs test
	Jarque-Beta	K-S test	ACF	PACF	
PX	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
SAX	NE	NE	ANO	ANO	NE
BUX	NE	ANO	ANO	ANO	ANO
WIG20	NE	ANO	ANO	ANO	ANO

Zdroj: Vlastní zpracování

Období mezi léty 2010 až 2016 lze charakterizovat jako období po splasknutí bubliny a doznívání finanční krize. Pro toto období je typická psychologická stránka investorů. Převažuje nejistota a obavy způsobené negativními zkušenostmi u období recese.

Jarque-Bera test normality vyšel u všech indexů negativně, byla tedy zamítnuta hypotéza normality reziduí. Naopak Kolmogorov-Smirnovův test normality vykazuje až na

index SAX opačné výsledky. Tato neshoda je opět zapříčiněno rozdílnými vstupními daty. Přítomnost autokorelace byla potvrzena u všech indexů a také parciální autokorelační funkce tuto autokorelaci potvrdila. Náhodnost reziduí, testovanou Runs testem, byla potvrzena v případě indexů PX, BUX a WIG20. Index SAX v Runs testu vyšel negativně, tedy rezidua nemají náhodný průběh. Autokorelace byla potvrzena u všech sledovaných indexů.

4.6. Závěrečné shrnutí

Celá tato kapitola byla věnována aplikaci metod pro posouzení slabé formy efektivnosti trhů Visegrádské skupiny.

Z testů normality vyplývá, že rezidua výnosů, až na výjimky v prvním a posledním sledovaném období, nepochází z normálního rozdělení. Náznaky normálního rozdělení je možné sledovat pouze u indexů PX a WIG20 v případě prvního a posledního sledovaného úseku. V případě indexu WIG20 však normalitu dat vyvrací Jarque-Bera test, je tedy vždy na posuzovateli, jakému testu dává vyšší váhu. Kolmogorov-Smirnovým testem je potvrzena normalita dat u reziduí indexu BUX v posledním období, avšak zároveň je vyvrácená Jarque-Bera testem.

Testy autokorelační a parciální autokorelační funkce byla potvrzena přítomnost autokorelace u všech sledovaných indexů. Výjimku tvoří index WIG20 v prvním sledovaném období. Mezi léty 1996-2002 nebyla rezidua výnosů indexu WIG20 zatížena autokorelací. V následujících obdobích však již autokorelace potvrzena byla.

Posledním testem pro posouzení slabé formy efektivnosti trhu byl Runs test. Výsledky testů potvrdily, až na výjimku v prvním sledovaném období u indexu PX a v posledním sledovaném období u indexu SAX, že rezidua výnosů mají náhodný průběh.

Vzhledem ke všem dosaženým výsledkům není možné na trzích Visegrádské skupiny potvrdit slabou formu efektivnosti.

5. Závěr

Cílem diplomové práce bylo testování slabé formy efektivnosti trhů střeoevropských zemí v období od 1. ledna 1996 do 30. prosince 2016. Toto období bylo rozděleno na tři samostatné celky. Prvním celkem bylo období od 1. ledna 1996 do 31. prosince 2002. Druhé samostatné zkoumané období začíná 1. ledna 2003 a končí 31. prosince 2009. Posledním pozorovaným obdobím bylo v délce 6 let a začínalo 1. ledna 2010 a končilo 30. prosince 2016.

Testování slabé formy efektivnosti českého, slovenského, maďarského a polského trhu byla testována na spojitých výnosech indexů PX, SAX, BUX a WIG20. Tyto výnosy byly vypočteny na základě zveřejněných denních uzavíracích kurzech vybraných indexů.

Samotná diplomová práce byla rozdělena do pěti na sebe navazujících kapitol. První kapitolu tvořil úvod a poslední kapitola byla věnována závěru celé této práce.

Druhá kapitola byla zaměřena na charakteristiku burz zemí Visegrádské skupiny. Byl představen historický vývoj daného finančního trhu a charakterizován vybraný index dané země. Součástí kapitoly byly rovněž graficky zpracované historické kurzy indexů za období 1996 až 2016.

Třetí kapitola byla věnována představení a historickému vývoji hypotézy efektivních trhů. Součástí kapitoly byl rovněž rozbor předpokladů hypotézy efektivních trhů včetně charakteristiky. Významný prostor byl vymezen pro představení jednotlivých forem efektivnosti trhu a metody testování. V poslední části třetí kapitoly byla zmíněna kritika hypotézy efektivních trhů v podobě možných anomálií.

Ve čtvrté, aplikační kapitole, zaměřené na samotné testování slabé formy efektivnosti trhů Visegrádské skupiny, bylo využito poznatků z druhé a třetí kapitoly. Nejprve byla charakterizovaná data, na kterých samotné testování probíhalo. Následně bylo na jednotlivých vybraných obdobích testována slabá forma efektivnosti. Zvolenými nástroji byli Kolmogorov-Smirnovův test a Jarque-Bera test pro testování normality dat. Výskyt autokorelace byl testován pomocí autokorelační a parciální autokorelační funkce. Poslední zvolenou metodou pro testování slabé formy efektivnosti trhů byl Runs test, který má prokázat náhodný průběh reziduální složky výnosu daného indexu.

Na základně výše zmíněných metod bylo provedeno testování slabé formy efektivnosti na českém, slovenské, maďarském a polském finančním trhu ve třech samostatných obdobích. Z výsledků jednotlivých testů nebylo možné potvrdit slabou formu efektivnosti trhů.

Seznam použité literatury

Odborná literatura

- [1] ARLT, Josef a Markéta ARLTOVÁ. *Finanční časové řady*. 1. vyd. Praha. Grada Publishing, 2003. 220 s. ISBN 80-247-0330-0.
- [2] ARLT, Josef a Markéta ARLTOVÁ. *Ekonomické časové řady*. 1. vyd. Praha. V Professional Publishing, 2009. 290 s. ISBN 978-80-86946-85-6.
- [3] BACHELIER, Louis. *Louis Bachelier's Theory of Speculation: The Origins of Modern Finance*. Princeton University Press. 2006. ISBN 978-0-691-11752-2.
- [4] CIPRA, Tomáš. *Finanční ekonometrie*. 1.vyd. Praha: Ekopress, 2008. 538 s. ISBN 978-80-86929-43-9.
- [5] DĚDIČ, Jan. *Burza cenných papírů a komoditní burza*. 1. vyd. Praha: Prospektrum, 1992. 295 s. ISBN 80-85431-62-9.
- [6] JAROŠOVÁ, Eva a Darja NOSKIEVIČOVÁ. *Pokročilejší metody statistické regulace procesu*. 1. vyd. Praha. Grada Publishing, 2015. 296 s. ISBN: 978-80-247-5355-3.
- [7] JÍLEK, Josef. *Akciové trhy a investování*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2009, 656 s. ISBN 978-80-247-2963-3.
- [8] JÍLEK, Josef. *Finanční trhy a investování*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2008, 648 s. ISBN 978-80-247-1653-4.
- [9] MISHKIN, Frederic S. *The Economics of Money, Banking, and Financial Markets*. 10th ed., global ed. Harlow: Pearson, 2013. ISBN 978-0-273-76573-8.
- [10] MISHKIN, Frederic S and Stanley G. Eakins. *Financial markets and institutions*. 8th ed., Pearson Education Limited, 2015. ISBN 978-0-13-342362-4.
- [11] MUSÍLEK, Petr. *Trhy cenných papírů*. 2. vyd. Praha: Ekopress, 2011. ISBN: 978-80-86929-70-5.

[12] ŠEVČÍK, A., D. FUCHS a M. GABRIEL: *Finanční trhy*. 1. vyd. Brno. Masarykova univerzita, 2001. ISBN: 80-210-2696-0.

[13] VESELÁ, Jitka. *Investování na kapitálových trzích*. 2. aktualiz. vyd. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011. ISBN 978-80-7357-647-9.

[14] VESELÁ, Jitka. *Investování na kapitálových trzích*. 1. vyd. Praha: ASPI, 2007. ISBN 978-80-7357-297-6.

Elektronické dokumenty

[1] CHLEBANA, Tomáš. *Komparácia kapitálových trhov Českej republiky, Poľska, Slovenska a Maďarska v rokoch 1995–2005*. Brno, 2007. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Katedra matematiky.

[2] KÖKE Jens and Michael SCHRÖDER. *The Prospects of Capital Markets in Central and Eastern Europe*. [online]. [cit. 2016-10-20]. Dostupné z: <ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp0257.pdf>

[3] KUDROVÁ, Veronika. *Vývoj bankovního sektoru v uplynulých deseti letech v České republice*. Brno, 2013. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta. Katedra financí.

[4] LO, W. Andrew. *The Adaptive Markets Hypothesis: Market Efficiency from an Evolutionary Perspective*. [online] 2004. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://opim.wharton.upenn.edu/~sok/papers/1/JPM2004.pdf>

[5] ROTHOVÁ, Gabriela. *Efektivnosť kapitálových trhov ČR, SR, Poľska a Maďarska od roku 2000-2005*. Brno, 2007. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta. Katedra financí.

[6] RYŠKOVÁ, Martina. *Burzy cenných papierov v strednej Európe*. Banská Bystrica, 2013. Diplomová práce. Bankovní institut vysoká škola Praha, zahraničná vysoká škola Banská Bystrica, Katedra financií, účtovníctva a poisťovníctva.

Články v odborném periodiku

- [1] ČÁMSKÝ, František. Teorie efektivních trhů. *Odborný mesačník pre teóriu a prax finančných trhov* [online]. 2004. [cit. 2016-12-05]. Dostupné z: <http://www.derivat.sk/index.php?PageID=24>. ISSN 1336-5711.
- [2] HÁJEK, Jan. Test slabé formy efektivnosti stredoevropských akciových trhů. *Politická ekonomie* [online]. 2007, roč. 55, č. 6 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.vse.cz/polek/623>. ISSN 2336-8225.
- [3] MALKIEL, G. Burton. The Efficient Market Hypothesis and Its Critics. *Journal of Economic Perspectives* [online]. 2003, roč. 1, č. 17 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: http://eml.berkeley.edu/~craine/EconH195/Fall_14/webpage/Malkiel_Efficient%20Mkts.pdf
- [4] MASTNÝ, Václav. Testování efektivnosti intradenního devizového trhu. *Sborník Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně*. [online]. 2004, roč. LII, č. 6 [cit. 2017-02-01]. Dostupné z: https://acta.mendelu.cz/media/pdf/actaun_2004052060277.pdf
- [5] TRAN, V. Quang. Testování slabé formy efektivnosti na českém akciovém trhu. *Politická ekonomie* [online]. 2007, roč. 55, č. 6 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: <https://www.vse.cz/polek/622>. ISSN 2336-8225.
- [6] VESELÁ, Jitka. Historický exkurz světovým a českým burzovníctvím. *Český finanční a účetní časopis*. [online]. 2006, č. 6 [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <https://www.vse.cz/cfuc/166>

Ostatní

- [1] BUDAPEST ÉRTÉKTŐZSDE: 1864-1914: *An Exchange Is Born*. [online] 2016. [cit. 2016-10-15]. Dostupné z: <https://www.bse.hu/About-Us/History-of-the-Exchange/1864-1914-An-Exchange-Is-Born>
- [2] BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ BUDAPEŠŤ. *Prices and Markets* [online]. [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <https://www.bse.hu/Prices-and-Markets/Data-download>
- [3] BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ BRATISLAVA. *Štatistika*. [online]. [cit. 2016-09-03]. Dostupné z: <http://www.bsse.sk/%C5%A0tatistika/Ro%C4%8Dn%C3%A11.aspx>

- [4] BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ PRAHA. *Statistické soubory*. [online]. [cit. 2016-09-05]. Dostupné z: <https://www.pse.cz/udaje-o-trhu/statistika/statisticke-soubory/>
- [5] BURZA CENNÝCH PAPÍRŮ VARŠAVA. *Analysis and statistics*. [online]. [cit. 2016-10-05]. Dostupné z: https://www.gpw.pl/analizy_i_statystyki_en
- [6] KUČTA, Daniel. *Budapešťská burza-první za železnou oponou*. [online] 2009. [cit. 2016-10-15]. Dostupné z: <http://www.investujeme.cz/budapestska-burza-prvni-za-zeleznou-oponou/>

Seznam zkratek

ACF	autokorelační funkce
$AF(t)$	koeficient zřetězení v čase t
BCPB	burza cenných papírů Bratislava
BSE	Budapešťská burza
BUX	burzovní index budapešťské burzy
BCPP	burza cenných papírů Praha
D	nejvyšší absolutní odchylka
D_i	opravný faktor pro i -tou akcii
E	očekávaný výnos
$\varepsilon_{i,t+l}$	reziduum výnosu z i -tého cenného papíru
F_i	opravný faktor pro i -tou akcii
FF_i	podíl volně obchodovatelných akcií
G_i	počet akcií i -té společnosti k danému dni
K	opravný faktor pro zabezpečení kontinuity indexu
K_t	koeficient řetězení
K-S test	Kolmogorov-Smirnovův test
k	míra špičatosti
M_t	tržní kapitalizace portfolia indexu v čase t
N	délka časové řady


PACF	parciální autokorelační funkce
PX	burzovní index pražské burzy
P_{t-1}	uzavírací kurz v čase $t-1$
$p_i(t)$	kurz i -té emise indexu v čase t
P_{t+1}	cena i -tého cenného papíru v čase t
P_t	uzavírací kurz v čase t
q_i	počet cenných papírů
R_{it}	výnos i -tého aktiva v období t
RF_t	redukční faktor
s	míra šikmosti
SAX	burzovní index bratislavské burzy
V4	Visegrádská skupina
WIG20	burzovní index varšavské burzy
WSE	Varšavská burza
\bar{x}	střední hodnota
σ	směrodatná odchylka
ρ_{ij}	je korelační koeficient
σ_{ij}	kovariance

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)

V Ostravě dne 21. dubna 2017

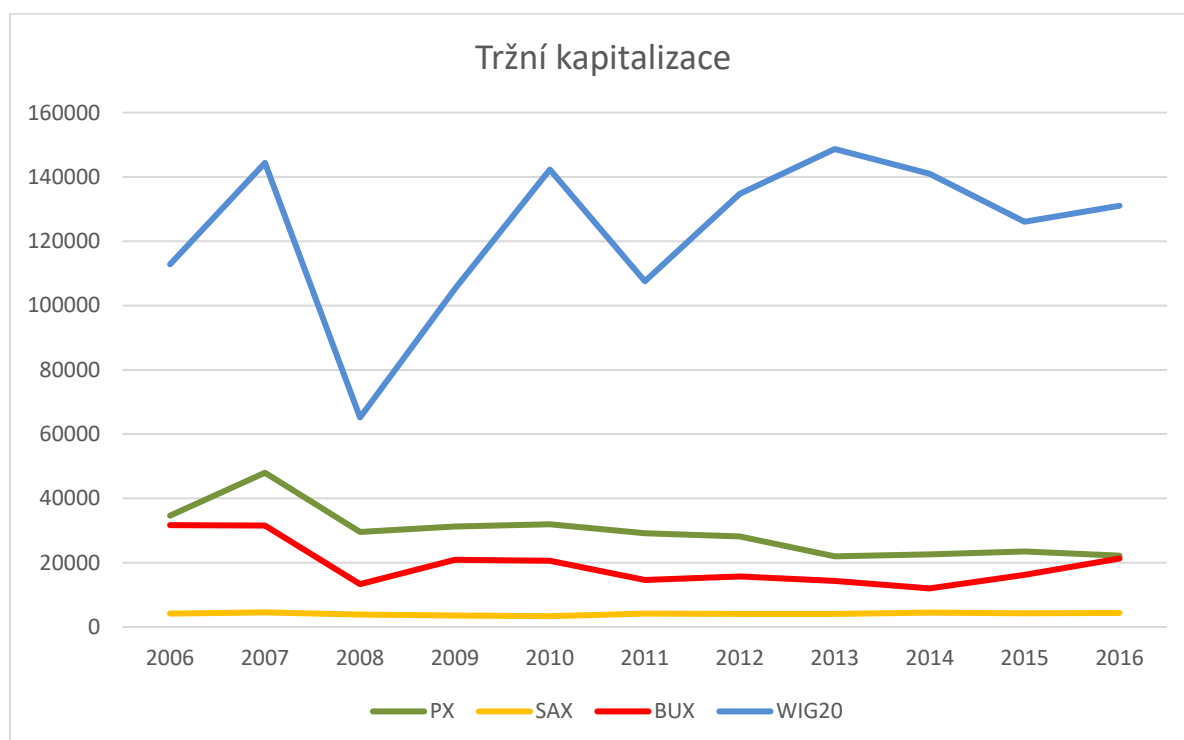

.....
Bc. Michaela Koryčanská

Seznam příloh

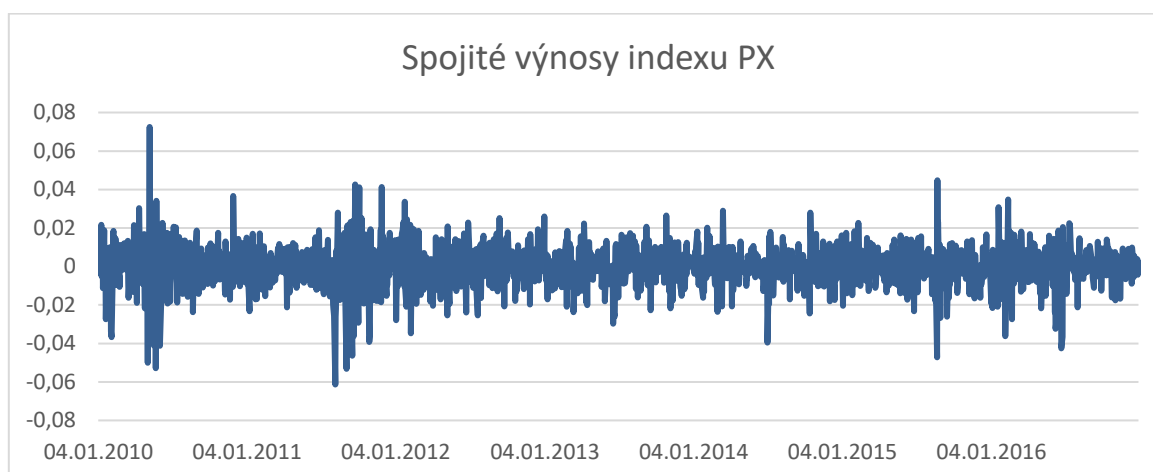
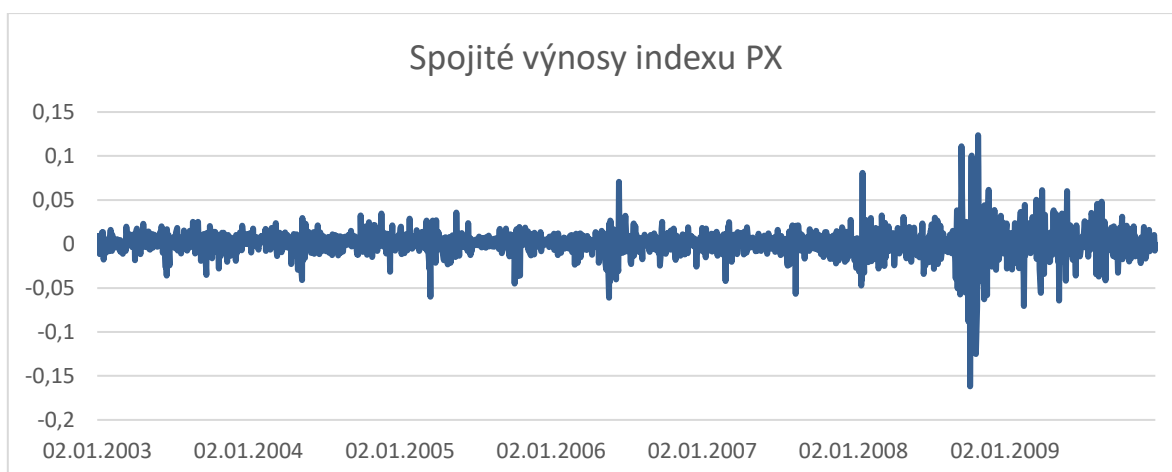
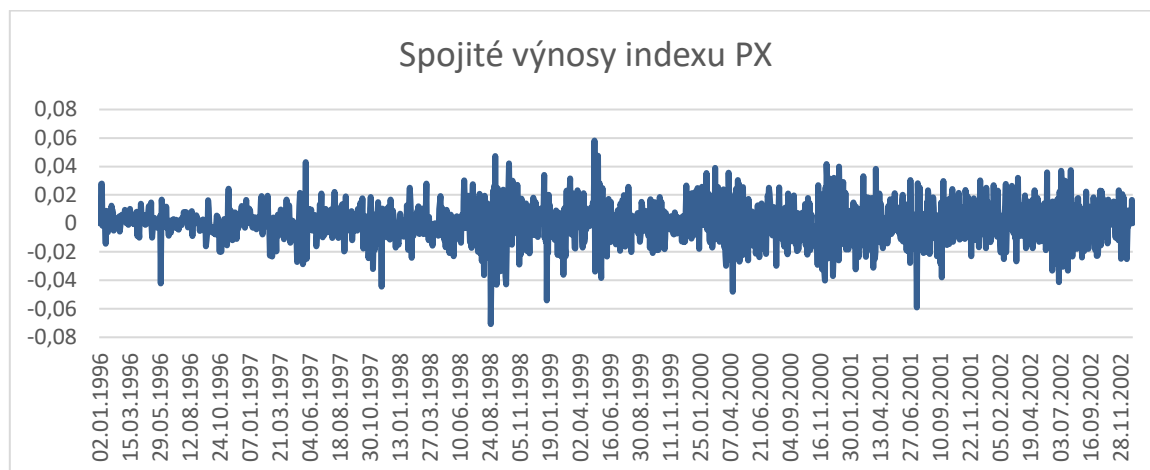
Příloha 1	Tržní kapitalizace v měsíci prosinci za období 2006-2016
Příloha 2	Spojité denní výnosy indexu PX v období 1996-2002, 2003-2009 a 2010-2016
Příloha 3	Spojité denní výnosy indexu SAX v období 1996-2002, 2003-2009 a 2010-2016
Příloha 4	Spojité denní výnosy indexu BUX v období 1996-2002, 2003-2009 a 2010-2016
Příloha 5	Spojité denní výnosy indexu WIG20 v období 1996-2002, 2003-2009 a 2010-2016

Tržní kapitalizace (v tis. EUR) v měsíci prosinci za období 2006-2016

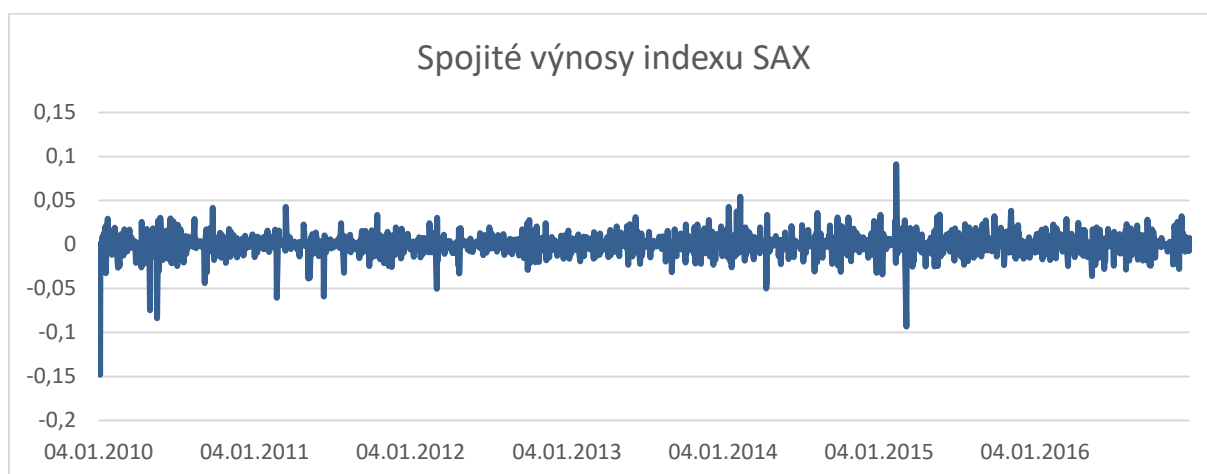
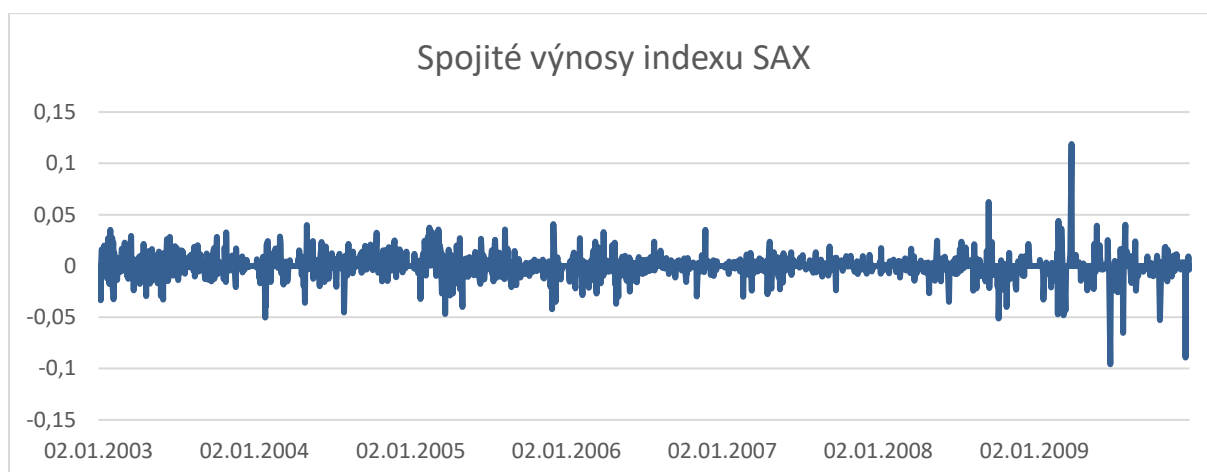
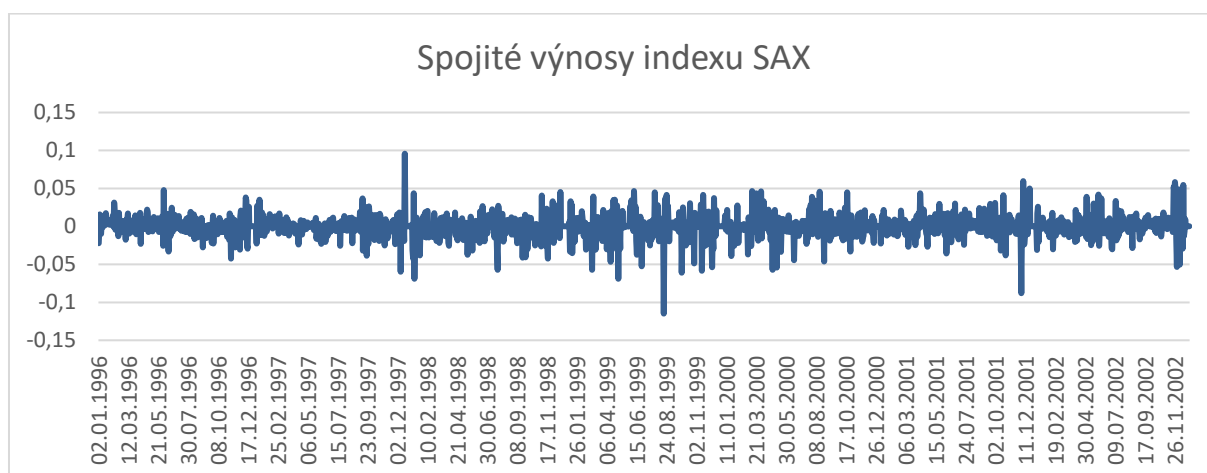
Date	PX	SAX	BUX	WIG20
December - 2006	34 693,42	4 213,84	31 687,05	112 825,56
December - 2007	47 987,44	4 554,99	31 527,90	144 323,31
December - 2008	29 615,12	3 907,29	13 325,60	65 177,59
December - 2009	31 265,36	3 614,36	20 887,90	105 157,15
December - 2010	31 922,18	3 379,51	20 624,40	142 272,23
December - 2011	29 203,22	4 183,36	14 630,28	107 482,95
December - 2012	28 193,23	4 093,85	15 742,43	134 755,48
December - 2013	21 990,78	4 075,22	14 355,45	148 678,04
December - 2014	22 643,72	4 443,52	12 011,85	140 983,56
December - 2015	23 542,81	4 256,04	16 190,91	126 016,80
December - 2016	22 194,72	4 340,33	21 270,44	130 988,46



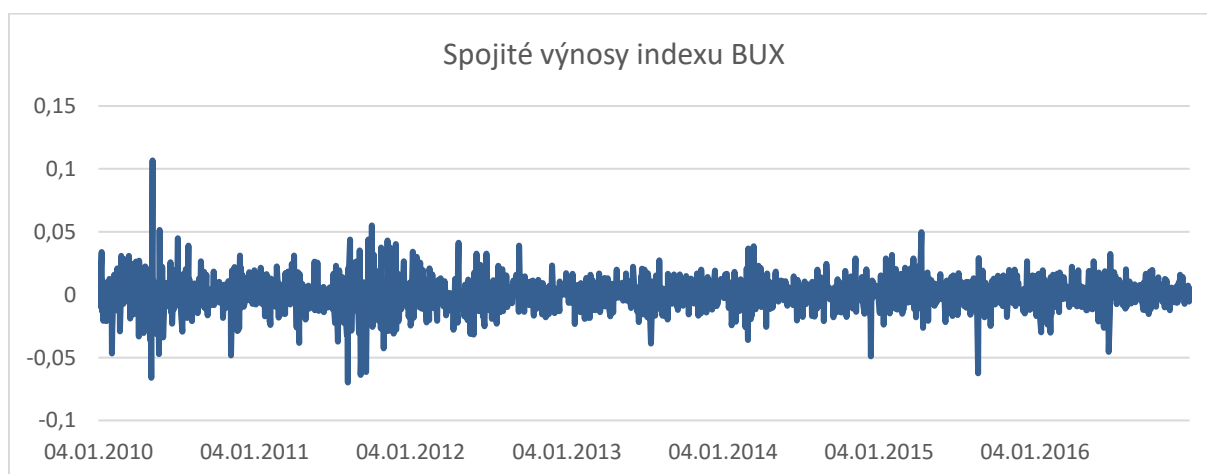
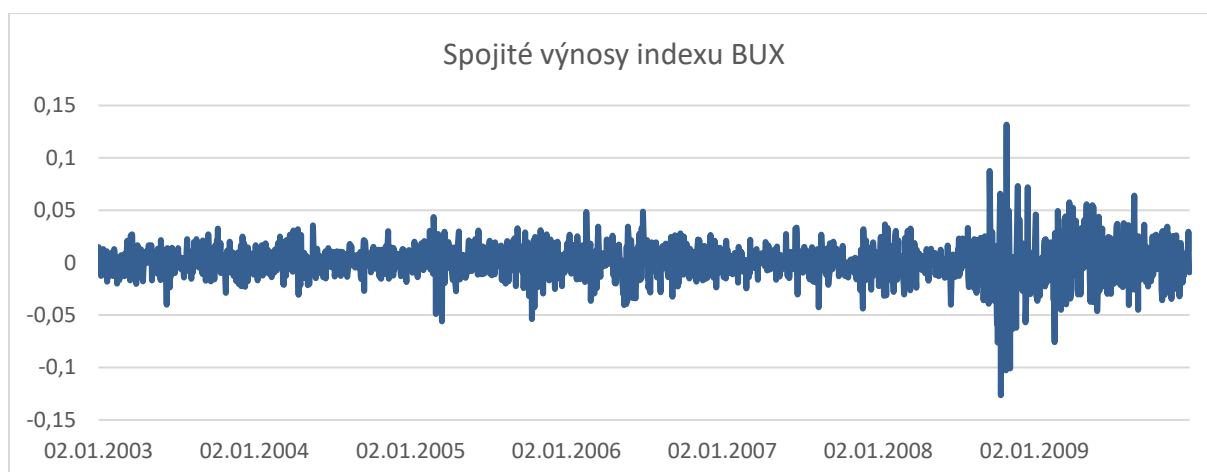
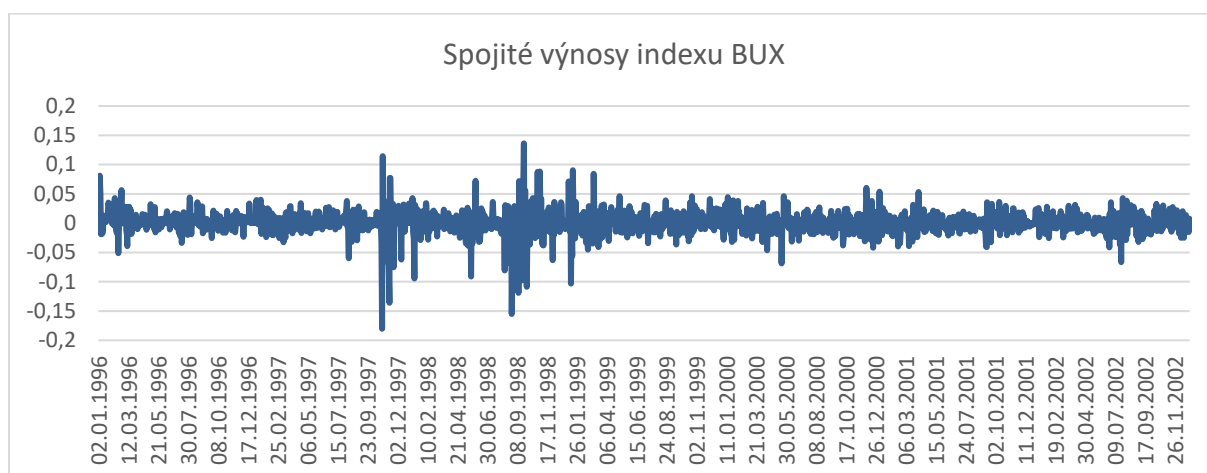
Spojité denní výnosy indexu PX v období 1996-2002, 2003-2009 a 2010-2016



Spojité denní výnosy indexu SAX v období 1996-2002, 2003-2009 a 2010-2016



Spojité denní výnosy indexu BUX v období 1996-2002, 2003-2009 a 2010-2016



Spojité denní výnosy indexu WIG20 v období 1996-2002, 2003-2009 a 2010-2016

